

UNIVERSITE D'ORLEANS

LABORATOIRES DE GEOCHIMIE, MINERALOGIE ET GEOLOGIE APPLIQUEES

THESE

présentée à l'Université d'Orléans pour l'obtention du

DOCTORAT DE SPECIALITE

EN MATIERES PREMIERES MINERALES ET ENERGETIQUES
OPTION GEOCHIMIE ET PROSPECTION DES RESSOURCES
MINERALES"

par PHILIPPE BLANCANEUX

ORGANISATION ET COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DE DEUX COUVERTURES PEDOLOGIQUES SUR GRANITO-GNEISS de la région de Grégoire en Guyane Française

Analyse minéralogique et structurale de toposéquences
sur granito-gneiss .Relations avec l'érosion, le ruissellement
et le drainage oblique

Soutenue le 25 Septembre 1985
devant la commission d'examen composée de:

MM F.LELONG Président
J. TRICHET F.X. HUMBEL E. ROOSE
G. PEDRO J. COLOMBANI C. BAILLY

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 24.824 ex 2

Cote : A

05 MAI 1988

TDM 37

ORSTOM

Editions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection :

Travaux et documents microédités
PARIS 1988

ISBN · 2-7099-0910-3

© ORSTOM

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, « que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal».

F4

AVANT - P R O P O S

=====

Ce travail a été rendu possible grâce au soutien scientifique et financier de l'O.R.S.T.O.M., du Centre de Cayenne (alors sous la direction scientifique de Monsieur J.-M. BRUGIERE, mon Directeur scientifique). Pour tout ce que ce dernier a pu me communiquer d'enthousiasme, de méthodes et d'idées, je le remercie vivement.

Monsieur le Professeur G. AUBERT, qui m'a fait connaître puis intégrer l'O.R.S.T.O.M. et à qui je dois ma formation pédologique, m'a fait bénéficier, au cours de nombreux entretiens tant outre-mer qu'en métropole, de son immense expérience des sols et de leur étude. Il a été un guide constant de mes recherches et je lui suis profondément reconnaissant de m'avoir accordé avec discrétion une partie de ce temps précieux qu'il consacre à la section de pédologie de l'O.R.S.T.O.M.

Monsieur le Professeur P. SEGALEN qui, durant une certaine période fut également mon Directeur scientifique, m'a très régulièrement suivi et conseillé dans mes travaux. Il m'a encouragé à présenter les résultats de mes diverses recherches, d'abord dans des essais puis sous la forme d'une thèse. Je ne saurais jamais assez le remercier pour la clarté avec laquelle il m'a toujours renseigné.

A mon arrivée à Cayenne en 1968, Messieurs J.-M. BRUGIERE, M. DELHUMEAU, A.-M. MISSET et J.-F. TURENNE m'accueillirent ; ils n'ont pas seulement été pour moi des collègues de travail. Outre leur amitié, ils m'ont fait bénéficier de leur connaissance des milieux équatoriaux d'autres régions du monde.

Mais une nouvelle fois, il apparut que de nombreuses idées reçues persistent et ne concordent pas avec la réalité des faits.

Alors que pendant longtemps les sols ferrallitiques, à partir d'études faites en Afrique, étaient réputés pour avoir une dynamique de l'eau à prédominance verticale, la simple observation de certaines couvertures de sols de ce type en Guyane au cours des saisons pluvieuses montrait un comportement hydrique bien différent de celui qui était généralement admis.

Cette observation me fit prendre conscience de la grande complexité du fonctionnement hydrodynamique des couvertures ferrallitiques de Guyane, et il m'apparut nécessaire de mettre en place un dispositif

de recueil des eaux de drainage et de ruissellement tout en menant conjointement une étude de caractérisation toposéquentielle des sols situés sur le même site d'observation et de mesures.

A cette époque, les sols de Guyane et du bouclier guyanais n'étaient connus que par des cartographies établies à différentes échelles et nos travaux démarrèrent simultanément avec ceux de J.-F. TURENNE sur les sols podzoliques de la plaine côtière guyanaise.

Il me fut alors accordé une mission en Côte d'Ivoire afin d'y voir sur place les réalisations d'E. ROOSE et d'en discuter avec lui les modalités de fonctionnement. Je tiens déjà à lui exprimer ici ma très grande reconnaissance pour tout ce qu'il a pu me communiquer en vue d'améliorations susceptibles d'être apportées au dispositif qui devrait être mis en place en Guyane compte tenu des particularités locales.

Sans pouvoir tous les nommer, je tiens à remercier ici tous les chercheurs du Centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoume avec qui j'ai pu avoir des entretiens; mais en tout premier lieu ma gratitude va à ceux du service pédologique du Centre dirigé par M. V. CHATELIN : Messieurs P. DE BLIC, V. ESCHENBRENNER, M. RIEU. J'ai également une pensée particulière pour Messieurs J. ASSELINE et J.-F. BOIS pour tous les conseils techniques qu'ils ont pu me donner au cours de la présentation des dispositifs de mesures.

A l'occasion d'un premier passage en Guyane, R. BOULET, qui présentait alors sa thèse sur les toposéquences de sols tropicaux de Haute-Volta, me confortait dans cette direction de recherche alors développée par G. BOCQUET. Lors de son affectation à Cayenne, son appui fut pour moi des plus précieux particulièrement en ce qui concerne la méthodologie d'approche et les techniques d'échantillonnage. Je tiens à lui exprimer ici toute ma reconnaissance.

Ce travail n'aurait pas pu être mené à bien sans le concours et le soutien des différents chercheurs et techniciens en Guyane, en premier lieu, J.-J. ROSTAN, l'ami de toujours qui a partagé si souvent avec moi les tâches les plus rudes dans un milieu hostile ; J.-L. THIAIS et L.-B.-J. NALOVIC ainsi que St J. BERGRAVE pour leur aide précieuse au laboratoire. Mes remerciements les plus sincères vont à mes collègues hydrologues qui se sont succédés en Guyane, Messieurs J. BOURGES, M. HOEPFFNER, M. ROCHE et J.-M. FRITSCH.

Aux services scientifiques centraux de l'O.R.S.T.O.M. à Bondy, je ne saurais oublier les remarques de A. COMBEAU. Monsieur le Professeur PINTA, Madame G. MILLOT, Messieurs P. PELLOUX, M. GOUZI et P. VERDONI ont fait des déterminations diverses pour appuyer mes recherches et je les en remercie vivement.

A la suite d'une affectation au Vénézuéla, en 1975, j'ai pu apprécier les concours des laboratoires du Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables et du Ministerio de Minas e Hidrocarburos dans le laboratoire de géologie du Docteur P. BOTICHKA ; qu'il trouve ici l'expression de mes remerciements.

Au Vénézuéla, je ne saurais oublier mes collègues de travail,

G. STIEFFERMAN, M. GAVAUD et D. DUBROEUCQ avec qui j'ai eu de larges discussions et qui m'ont aidé dans l'interprétation minéralogique et également des lames minces en micromorphologie des sols. Je remercie également M. POUYLLAU, géomorphologue au CNRS, grâce à qui, à l'issue de nombreux travaux effectués ensemble sur l'ouest du massif guyano-vénézuélien, j'ai pu préciser dans cette étude certains aspects de la recherche sur le modèle de terrain.

Pour des raisons de service, c'est seulement en 1977 qu'un rapport préliminaire de cette étude faisait l'objet de critiques et de discussions auprès de Messieurs G. AUBERT, P. SEGALIN, N. LENEUF, D. MARTIN, A. COMBEAU et E. ROOSE qui m'ont donné plus d'assurance pour aller de l'avant.

Ce n'est qu'à mon retour du Vénézuéla en 1984 que je soumettais l'ensemble de mes recherches au Professeur F. LELONG. Ce dernier me faisait l'honneur de présider mon jury ; il a su guider mes réflexions sur la signification pédogénétique des résultats que je lui présentais. Je l'en remercie très vivement ainsi que Messieurs J. TRICHET, F.-X. HUMBEL, E. ROOSE, J. COLOMBANI, G. PEDRO et C. BAILLY qui l'accompagnent dans cette tâche.

Mais c'est à F.-X. HUMBEL que je dois la forme actuelle de rédaction de cette thèse ; il m'a non seulement guidé aux différents stades de l'analyse mais aussi aidé à replacer les résultats, en particulier ceux qui concernent la dynamique de l'eau dans les sols, dans leur contexte toposéquentiel et paysagique. Sous sa direction scientifique, j'ai pu améliorer l'expression et la présentation de cette étude. Je le remercie en particulier pour l'attention qu'il a portée à ma démarche et pour la rigueur des raisonnements qu'il a su lui imposer.

Je tiens à exprimer ici ma profonde reconnaissance à Monsieur A. RUELLAN, Directeur Général de l'O.R.S.T.O.M., qui a bien voulu m'accorder le temps nécessaire à l'achèvement de ce travail en métropole, après plus de quinze années d'activités de terrain en Amazonie.

Durant mon année de rédaction, j'ai été accueilli cordialement au Centre d'Etudes de Géographie Tropicale (CEGET) du CNRS à Talence par Monsieur P. USSELMANN à qui j'adresse mes remerciements les plus sincères.

Je ne saurais terminer sans remercier aussi tous ceux qui m'ont apporté leur précieux concours à différents stades du travail : Messieurs ZEPINA, ADAM, DENTALE, GEORGES, CHANTILLY, compagnon de tous les jours pour les tâches les plus rudes mais aussi les plus nobles du terrain en Guyane ; A. VERGNES, J.-P. VIDAL, et Mesdames D. CASTEX, A. LAFFITE et M. SEURIN au CEGET m'ont aidé dans l'élaboration des planches photographiques et des dessins.

La présentation du texte a été assurée par Madame PONZO, une partie des dessins par O. LAMONGE, qu'ils trouvent ici ma profonde gratitude.

Enfin, je tiens à insister sur le rôle de celle qui vécut avec moi les campagnes de terrain en Guyane et ailleurs et qui m'aida à supporter à bien des points de vue toutes les phases d'élaboration de ce mémoire.

S O M M A I R E

=====

PREMIERE PARTIE : LES CONDITIONS GENERALES DE L'ETUDE

CHAPITRE I.- LE CADRE REGIONAL.....	9
- Localisation.....	13
- Historique.....	13
- Le cadre naturel.....	15
CHAPITRE II.- CHOIX DES TOPOSEQUENCES	
METHODE ET TECHNIQUES D'ETUDE.....	39
- Délimitation et caractérisation macroscopique...	41
- Caractérisation microscopique.....	42
- Détermination minéralogique.....	42
- Analyses physico-chimiques et déterminations complémentaires hydriques des sols.....	42
- Dispositif de mesures hydriques.....	42
+ Case ERLO.....	42
+ Bassin Versant de Grégoire.....	48
- Conclusion : Présentation de l'étude.....	54

DEUXIEME PARTIE : ANALYSE DES DEUX COUVERTURES PEDOLOGIQUES ETUDIEES ET DE LEUR COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE

CHAPITRE III.- LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE I A FORTE VARIATION LATERALE (Toposéquence I).....	57
- Le modelé.....	59
- Le profil sommital.....	60
- La couverture des versants.....	74
- Présentation toposéquencielle des données morphologiques et physico-chimiques.....	112
- Données de fonctionnement hydrodynamique.....	125
CHAPITRE IV.- LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE II A CUVETTES SUR REPLAT SOMMITAL (Toposéquences II, III et IV)..	165
- Le modelé.....	167
- Le profil sommital.....	168
- La couverture des versants.....	175
- Le sol du bas-fond.....	190

CHAPITRE V.- LE BASSIN VERSANT DE GREGOIRE (Sols et bilan hydrologique).....	193
- Les types de profils.....	195
- Le bilan hydrologique.....	199
- Les relations sols-comportements hydrologique.. Essai d'un modèle de drainage à deux flux.....	220

TROISIEME PARTIE : SYNTHESE ET INTERPRETATION GENERALE

CHAPITRE VI.- EVOLUTION DES SOLS EN RELATION AVEC LES CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES.....	227
- Les sols de la région de Grégoire : Mise en évidence de deux types de couvertures pédologiques.....	229
- La dynamique actuelle de l'eau dans les sols de Grégoire : mise en évidence de quatre types de comportement ponctuels.....	235
- Circulations superficielles et entraînement de matières.....	240
- Relations générales entre l'organisation des couvertures pédologiques et le comportement hydrologique à différentes échelles de mesure..	244
- Relations entre les systèmes pédologiques et la couverture végétale. Problèmes de mise en valeur et de cartographie pédologique.....	246

CONCLUSIONS GENERALES	251
-----------------------------	-----

BIBLIOGRAPHIE	261
---------------------	-----

ANNEXES	277
---------------	-----

PREMIERE PARTIE

LES CONDITIONS GENERALES DE L'ETUDE

CHAPITRE I

LE CADRE REGIONAL

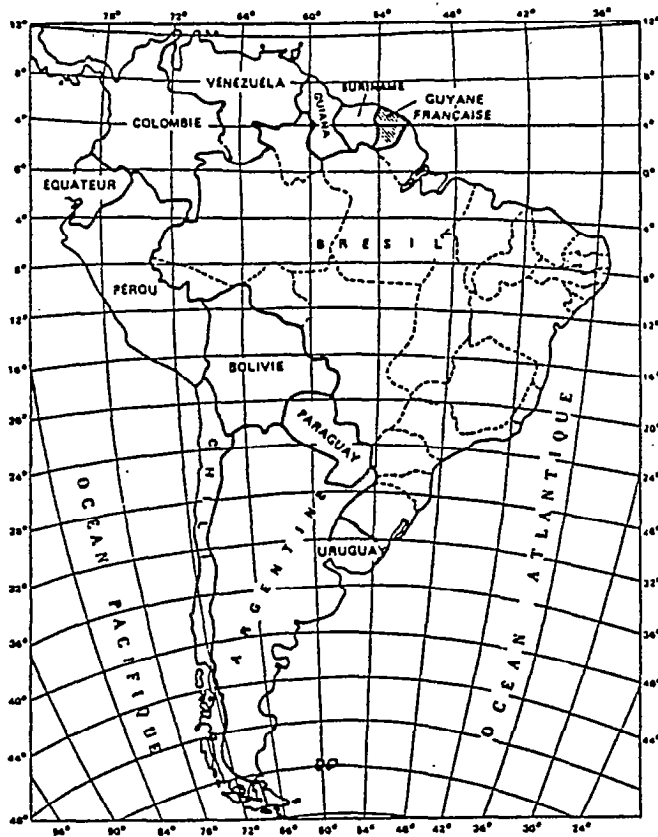


Fig. 1 - CARTE DE SITUATION DE LA GUYANE FRANÇAISE

0 100 km

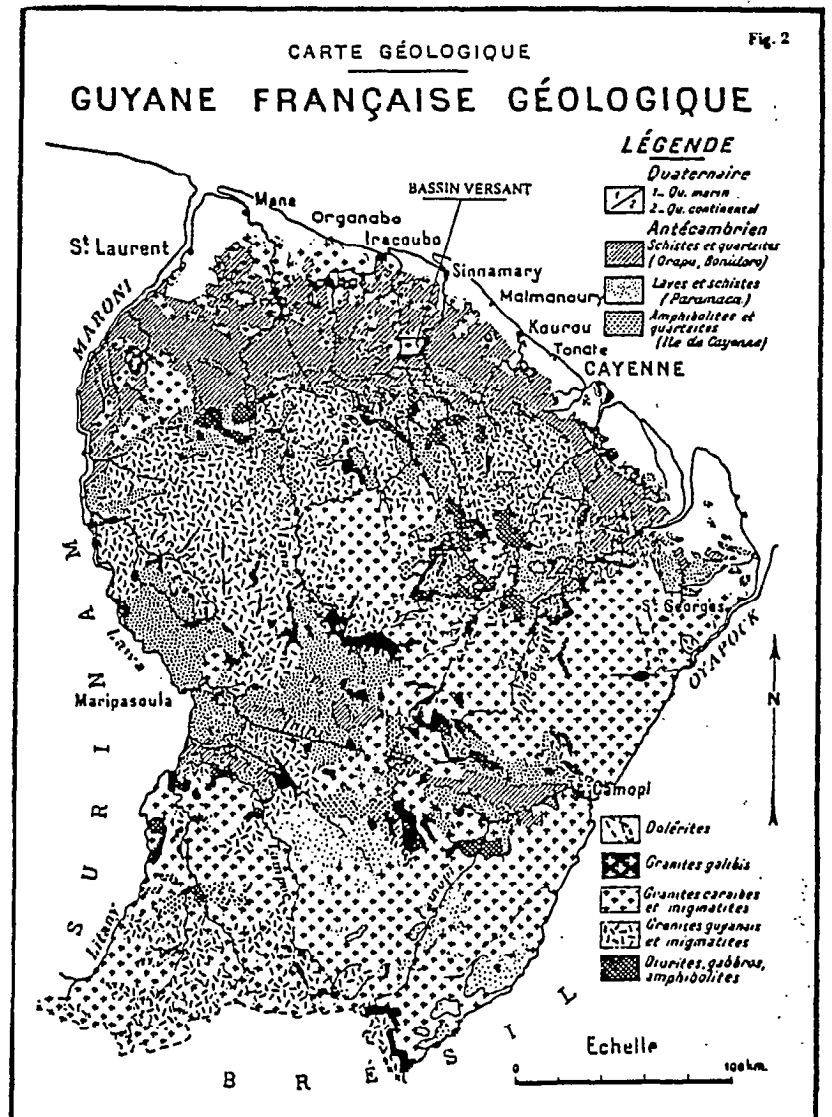
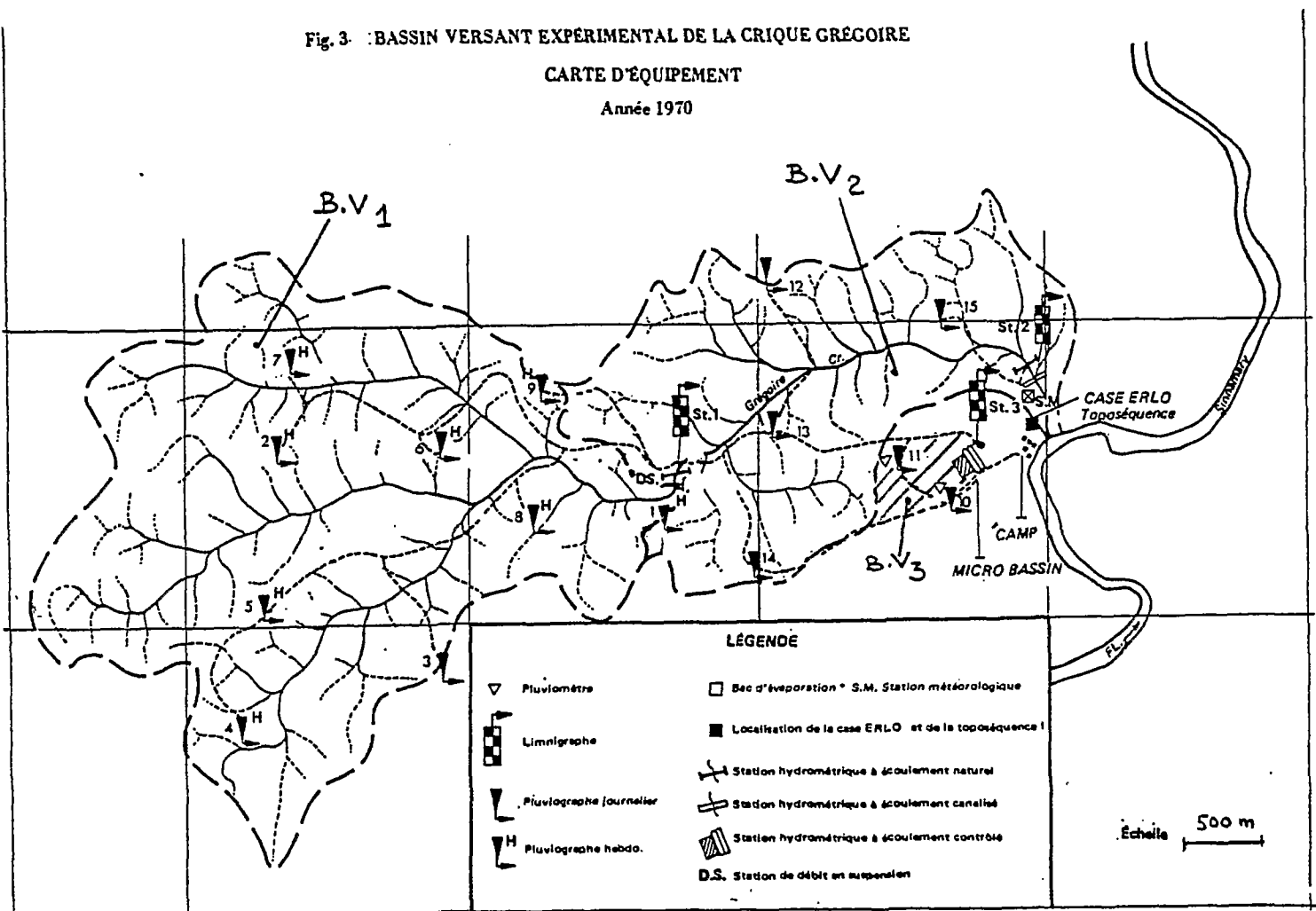


Fig. 2

Fig. 3 : BASSIN VERSANT EXPÉRIMENTAL DE LA CRIQUE GRÉGOIRE
 CARTE D'ÉQUIPEMENT
 Année 1970



CADRE DE L'ETUDE

A - LOCALISATION (Figures n° 1, 2 et 3. Photographie n°10).

L'étude ici présentée a été réalisée sur le bassin versant expérimental de la section hydrologique de l'ORSTOM à crique Grégoire sur le cours moyen du Sinnamary. Ce bassin versant, d'une surface de 12,4 km² est située à 5°5 de latitude nord et 53°4 de longitude ouest ; il se trouve à 40 km à vol d'oiseau du village de Sinnamary, juste en aval de "petit saut" sur le fleuve Sinnamary par lequel on y accède ; il est représenté sur la feuille Tracoubo SE de l'I.G.N. (mission NB-22-VII-2b).

Le choix de ce site fut déterminé pour les hydrologues par C. MARIUS, 1966, principalement à cause de la géologie homogène du bassin, constitué de granite caraïbe, formation bien représentée en Guyane Française.

Le paysage est celui de la forêt équatoriale qui couvre la quasi-totalité du socle cristallophyllien du bouclier guyanais.

La région appartient géochimiquement au domaine des sols ferrallitiques fortement désaturés en B.

B - HISTORIQUE

Dans le cadre de l'étude pédo-botanico-hydrologique réalisée sur le bassin versant de la crique Grégoire, une cartographie semi-détaillée (1/30.000) fut effectuée au cours de l'année 1970 (BLANCANEUX, 1971).

Si elle a montré l'homogénéité pétrographique du substrat granito-gneissique, l'étude de terrain a mis en évidence des sols ferrallitiques bien différents de ceux qui ont été décrits sur des matériaux comparables en Afrique. Cependant en

Guyane même où les roches granito-gneissiques sont largement répandues, (47 000 km², soit plus de la moitié du département d'après CHOUBERT, 1960), ces sols originaux avaient déjà été observés (BLANCANEUX, 1969 ; 1971) : ils présentent une différenciation latérale importante, calée sur le modelé, ainsi qu'une circulation de l'eau essentiellement superficielle et latérale ; Et cela, même en position de bon drainage externe, c'est-à-dire sur les versants de collines convexes ou de petits plateaux ; le ruissellement y est considérable, les horizons supérieurs sont gorgés d'eau après les averses, tandis que les horizons sous-jacents restent "secs au toucher" pendant toute l'année et échappaient ainsi semblait-il à la dynamique saisonnière de l'eau ; ces sols semblaient affectés dès une profondeur moyenne faible, d'un *pédo-climat relativement sec* eu égard aux conditions nettement équatoriales du pays (BLANCANEUX, 1971).

La composante latérale et sub-superficielle de l'écoulement est particulièrement marquée, *pendant et un peu après les fortes averses* de saisons des pluies ; lors de l'ouverture de fosses, l'eau jaillit latéralement (obliquement) par d'anciennes galeries (racines, fourmis), *principalement en bas de versant et à partir de la face amont des fosses*. De tels écoulements sont exceptionnels dans les sols ferrallitiques décrits en Afrique, qui présentent au contraire un drainage vertical libre et profond.

Ainsi, le fonctionnement actuel de ces sols est caractérisé par des engorgements et des flux superficiels d'eau libre qui jouent un rôle important dans l'évolution actuelle de ces sols.

Le bassin versant de crique Grégoire a été installé sur une formation granito-gneissique largement répandue (33 000 km²) appelée granite Caraïbe (figure n°4).

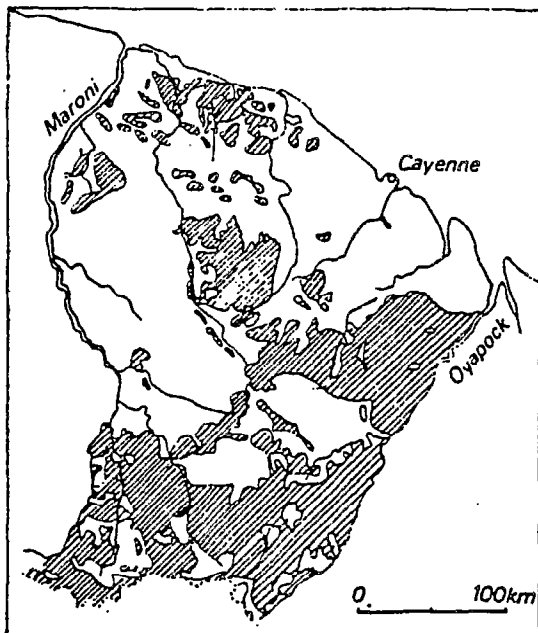


Fig. 4 - Extension géographique des granites et migmatites caraïbes

Un dispositif de recueil des flux ruisselant et interne, appelé case ERLO (ROOSE, 1966) a été implanté au pied d'une toposéquence qui fait l'objet d'une étude approfondie dans ce travail. Il avait pour rôle d'évaluer le bilan hydrique à l'échelle de l'année sous une couverture forestière intacte, à partir des composantes qui sont le Ruissellement, le Drainage oblique et l'Evapotranspiration potentielle, ainsi que les bilans de matières solides et solubles transportées dans les profils ou hors de ces derniers.

Les mesures d'écoulement et de distributions de l'eau y ont été effectués de 1974 à 1976 (BLANCANEUX, 1978).

La mise en évidence en Guyane d'une dynamique de l'eau particulière en milieu de sols ferrallitiques a suscité ultérieurement des travaux de caractérisation détaillée, tant dans

le domaine de l'organisation des constituants à différentes échelles (BOULET, 1977 ; FRITSCH, 1984) que dans celui du fonctionnement hydrologique saisonnier (HUMBEL, 1978 ; GUEHL, 1983 ; ROCHE, 1978-1982 ; FRITSCH, 1980).

Notre étude a pour objet, d'une part l'analyse de deux types de couvertures pédologiques qui correspondent à une catégorie de différenciation largement représentée dans la région et également à l'échelle du bouclier Guyanais. Cette analyse comprend conjointement, une *caractérisation structurale*, micro-structurale, minéralogique et géochimique ; d'autre part, les conséquences de cette différenciation sur l'*Unité Hydrodynamique* (couverture pédologique envisagée du seul point de vue de sa dynamique de l'eau) et une tentative de raccord à l'échelle du bassin versant. Une hypothèse d'évolution bio-géo-dynamique est proposée pour les sols ferrallitiques développés sur granito-gneiss de Guyane ; les conséquences de cette évolution sur le plan agronomique sont également présentées.

C - LE CADRE NATUREL

1 - LE CLIMAT ACTUEL

Le climat du bassin versant expérimental de la crique Grégoire est de type équatorial humide à deux saisons relativement sèches. Il fait partie du bioclimat Amazonien défini par AUBREVILLE, 1961, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Climat très humide et pluvieux presque en permanence.
- Déficit de saturation moyen annuel faible.
- Déficit de saturation moyen mensuel faiblement variable dans l'année.
- Indice pluviométrique élevé.
- Saison écologiquement sèche très courte (moins de deux mois).
- Chaud en permanence (température du mois le moins chaud supérieure à 20°C).
- Faible amplitude thermique.

1.1 - Pluviosité

Les résultats météorologiques nous ont été communiqués par la section hydrologique de l'ORSTOM ; BOURGES, 1968-1973 ; HOEPFFNER, 1973-1974 ; ROCHE, 1975-1976. Nos propres résultats furent obtenus par un ensemble de 6 pluviomètres installés sur la parcelle ERLO sous couvert forestier.

La figure n°5 des isohyètes moyennes annuelles de la Guyane Française pour la période 1956-1975 situe Grégoire dans la courbe des 3 500 mm (entre 3 500 et 4 000 mm). La moyenne pluviométrique calculée pour la période 1969-1974 est de 3 702 mm. Le tableau n°1 nous donne la répartition mensuelle de ces pluies. Deux saisons des pluies centrées sur mai (501 mm) et janvier (409 mm) alternent avec deux saisons "sèches" d'importance très inégale (figure n°6) ; février (369 mm) et septembre (145 mm).

Fig.5 ISOHYETES MOYENNES ANNUELLES
en mm (Guyane Française)
Période 1956 - 1975

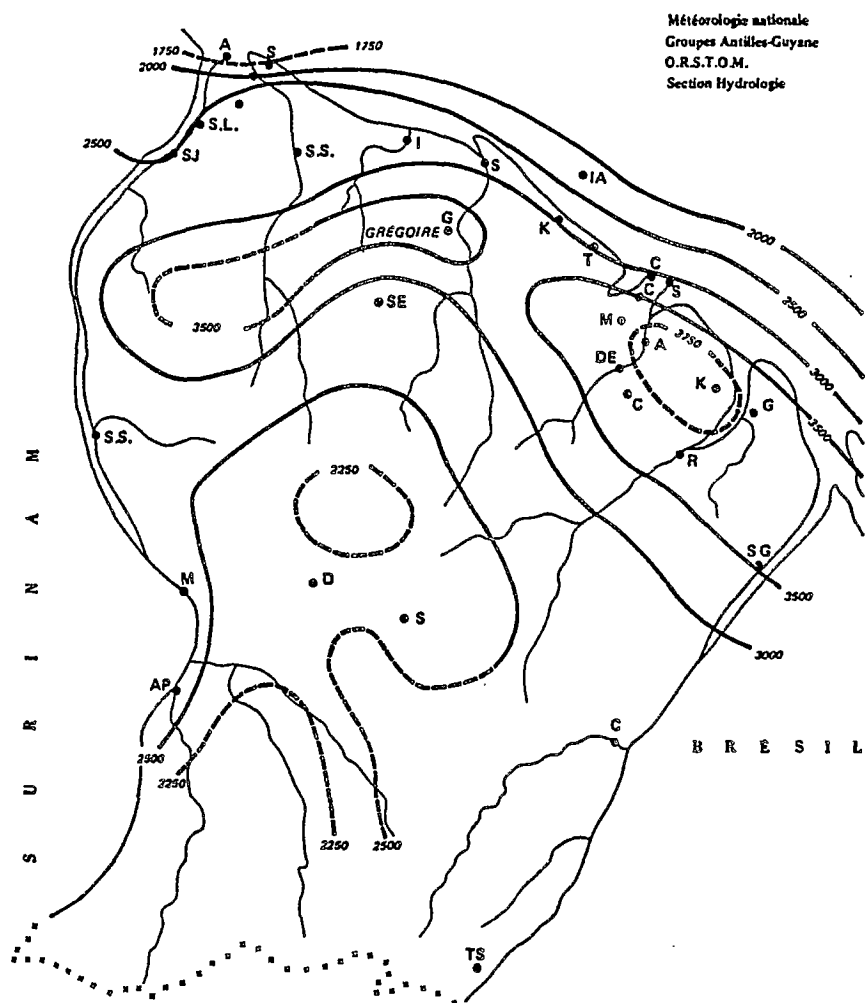
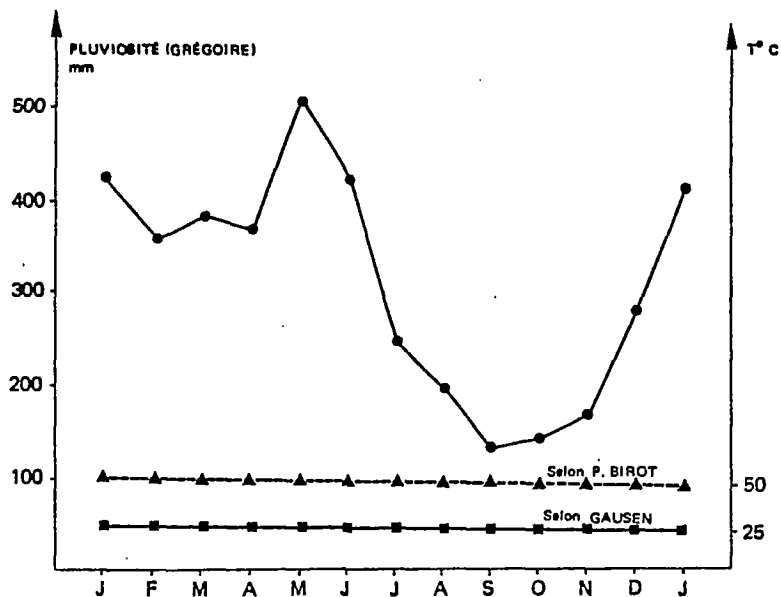


Tableau n°1.

Pluviométrie et évapotranspiration potentielle calculée de GREGOIRE

Mois	Période 1969-1974 en mm.													
	1969		1970		1971		1972		1973		1974		Moyenne 1969-1974	
	P	E.T.P	P	E.T.P	P	E.T.P	P	E.T.P	P	E.T.P	P	E.T.P	P	E.T.P
JANV	372,5	93,35	464,5	92,74	485,5	77,00	477,5	78,16	83,2	98,00	571,7	70,98	409,15	85,20
FEB	333,0	103,93	515,0	90,95	574,0	88,28	434,5	76,80	141,7	96,02	218,6	90,95	369,46	91,15
MARS	366,0	120,48	523,5	93,15	668,5	77,42	333,5	102,63	173,0	102,63	230,3	91,96	382,46	98,04
AVR	294,5	103,81	511,5	94,15	426,5	102,27	514,0	99,64	251,1	109,08	265,5	108,72	377,18	102,94
Mai	606,5	84,15	514,0	96,91	480,0	90,58	651,0	87,76	594,3	85,00	161,1	112,43	501,15	92,80
Juin	338,5	119,55	495,5	98,97	478,0	97,52	315,5	83,38	533,6	68,19	349,8	83,38	431,81	91,83
Juil.	140,5	118,10	227,0	111,58	374,5	111,58	220,0	114,32	261,7	97,28	288,0	98,54	251,95	108,56
AOÛT	134,5	128,12	220,5	121,48	123,0	129,41	234,5	122,77	292,4	105,43	147,8	105,43	202,11	118,77
SEPT.	80,5	131,73	143,0	139,81	96,1	134,35	149,5	126,27	254,9	119,50	150,9	122,12	145,81	128,96
OCT.	44,0	131,48	101,0	134,55	172,0	123,86	100,0	133,05	301,8	85,61	202,5	114,67	153,55	120,53
NOV.	113,5	124,76	70,5	119,67	204,9	112,15	223,5	110,93	262,3	101,98	201,6	95,68	179,48	110,86
DEC.	154,0	115,20	237,0	100,61	242,1	107,90	274,0	94,50	401,7	76,17	484,1	88,39	298,81	97,12
Total	3.038,0	1.374,6	4.023,0	1.294,5	4.325,1	1.252,3	4.007,5	1.230,2	3.552,3	1.145,9	3.271,9	1.183,2	3.702,9	1.246,76

Fig.6: DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE
Grégoire (1969-1974)



Le climat est régi par la zone intertropicale de convergence ou Z.I.C., zone de basse pression située entre l'anticyclone des Açores (hémisphère nord) et l'anticyclone de Saint-Hélène (hémisphère sud) ; la Z.I.C. se déplace entre le troisième parallèle sud et le quinzième parallèle nord. Elle passe sur la Guyane Française de décembre à janvier et en mai et juin où ont lieu les précipitations maxima (FOUGEROUZE, 1962). La grande saison des pluies (avril, mai, juin et juillet) commence en avril par des pluies violentes à caractère torrentiel, de courte durée. Plus de 50% du total des précipitations tombe en moyenne de mars à juillet. Les mois les plus "secs" sont ceux de septembre (145 mm) et octobre (153 mm). Durant la grande saison des pluies, la pluie peut tomber durant plusieurs jours consécutifs avec des intensités relativement fortes ; toutefois, au cours des deux années d'observations journalières (1974 et 1975) effectuées sur la parcelle ERLO, c'est durant la "petite saison des pluies" au cours du mois de décembre 1974 que les décharges pluviales ont atteint leur paroxysme. Il est tombé 221 mm d'eau du 22 décembre (18h) au 24 décembre (18h). Des intensités instantanées de plus de 150 mm/h sont relativement fréquentes pendant plus d'une heure.

Il pleut enfin à Grégoire en moyenne un peu plus de deux jours sur trois (282 jours de pluie au cours de l'année 1974).

1.2 - Température

C'est l'élément de la pédogénèse le plus constant du climat. La température moyenne annuelle pour la période 1968-1974 est de 26°1 (tableau n°2). Pour l'année 1974, la température moyenne annuelle est également de 26°1. C'est au cours des mois d'août, de septembre et d'octobre que les moyennes annuelles sont les plus élevées : 26°2, 26°6 et 26°5 respectivement. Les mois les plus "frais" sont ceux de janvier, février et mars avec comme moyenne mensuelle en 1974 : 25°, 25°3 et 25° respectivement.

Tableau n° 2. Température de l'air en °C. GREGOIRE. Moyennes mensuelles 1968/1974

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne	Ecart.
1968	25,3	25,5	25,5	25,6	25,3	25,0	25,2	26,2	26,8	26,8	26,3	25,6	25,8	-0,8 +1,0
1969	25,6	26,0	26,3	26,4	26,4	26,5	26,6	27,0	27,3	27,8	27,6	26,8	26,7	-1,1 +1,1
1970	25,6	25,7	25,8	26,1	26,5	26,1	26,5	26,8	27,1	27,4	27,3	26,0	26,4	-0,8 +1,0
1971	25,1	25,0	25,2	25,6	25,7	25,9	25,9	26,5	26,8	26,6	26,2	25,6	25,8	-0,8 +1,0
1972	25,0	25,1	25,9	25,8	27,0	25,8	26,2	26,5	26,4	27,2	26,2	26,2	26,1	-1,1 +1,1
1973	25,6	26,2	26,2	26,0	26,0	26,4	26,3	26,5	27,0	26,8	27,0	25,7	26,3	-0,7 +0,7
1974	25,0	25,3	25,0	25,5	25,9	25,4	25,8	26,2	26,6	26,5	25,3	25,4	25,7	-0,7 +0,1
Moyenne	25,3	25,5	25,7	25,8	26,0	25,8	26,0	26,5	26,8	27,0	26,6	25,9	26,1	± 0,6

La température du sol à 10 cm de profondeur (station météorologique de l'hydrologie à Grégoire, au sommet de la toposéquence I) est de 28°7 pour la période 1968-1974 (tableau n°3)

Tableau n°3. Température du sol à 10 cm de profondeur. GREGOIRE. Moyennes mensuelles en °C. 1968/1974

[illegible]

1.3 - Humidité relative de l'air

Les moyennes mensuelles de l'humidité de l'air sont résumées dans le tableau n°4. L'humidité moyenne pluriannuelle pour la période 1968-1974 est de 85%. Pour l'année 1974, l'humidité relative moyenne mensuelle est maximale durant les mois pluvieux de mai (90%), janvier (91%) et juin (91%). Elle est minimale durant le mois "sec" de septembre (79%).

Tableau n°4. Moyennes mensuelles de l'humidité de l'air (%). GREGOIRE. 1968/1974

[illegible]

1.4 - Evapotranspiration potentielle calculée (E.T.P.)

L'évapotranspiration potentielle (E.T.P.) mensuelle et annuelle a été calculée (BLANCANEUX, 1974), d'après la formule simplifiée, ETP f60 de TURC, 1960. Si l'humidité relative est supérieure à 50% :

$$\text{ETP mm/10 jours} = 0,13 \times \frac{t}{t + 15} \times (I_g + 50)$$

ou

$$\text{ETP mm/mois} = 0,40 \times \frac{t}{t + 15} \times (I_g + 50)$$

avec : 0,37 pour février.

t = température de l'air en °C mesurée sous abri.

I_g = radiation globale d'origine solaire directe et diffusée ; radiation incidente de courte longueur d'onde en petites calories/cm² de surface horizontale et par jour pendant la période considérée.

I_g = I_{gA} (0,18 + 0,62 h/H)

I_{gA} = Energie de la radiation qui atteindrait le sol si l'atmosphère n'existait pas.

h = durée d'insolation du jour.

H = durée astronomique du jour.

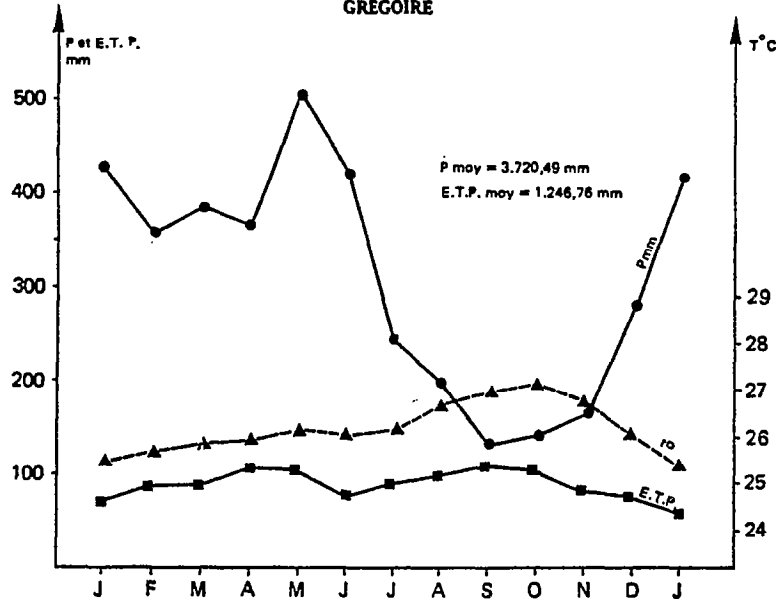
h/H = insolation relative.

Nous présentons dans le tableau n°1 les résultats calculés pour l'année 1974 où l'ETP s'élève à 1 183 mm. On remarque que pour cette année, l'ETP ne dépasse jamais la pluviométrie ; elle est toutefois maximale durant les mois de septembre et d'octobre (122 et 144 mm respectivement) et minimale durant le mois de juin (83 mm).

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (figure n°6) qui lie l'évapotranspiration au double de la température mensuelle moyenne (E = 2T) montre qu'il n'y aurait jamais de déficit hydrique pour les sols de Grégoire.

Par contre, si on lie l'évapotranspiration au quadruple de la température moyenne comme l'a proposé BIROT (in, ELDIN et DAUDET, 1967) pour les régions tropicales, on voit apparaître les trois mois déficitaires, septembre, octobre et novembre, tels que la formule de TURC nous les donne (figure n°7).

Fig. 7: PLUVIOSITÉ, TEMPÉRATURE ET ÉVAPOTRANSPIRATION
POTENTIELLE CALCULÉE. Moyenne (1969 - 1974)
GRÉGOIRE



Les diagrammes nous permettent de déduire les mois où les phénomènes de ruissellement sur le sol et de drainage vertical ou oblique dans le sol, ont le plus de chance de se produire ; drainages faibles en septembre, octobre et novembre ; drainages forts durant les mois de janvier, mai, juin et juillet (sols humides). Comme l'a signalé ROOSE, 1969, il est bon de noter cependant que le drainage dépend davantage de la violence et de l'importance des pluies unitaires et secondairement de l'état d'humidité des sols et non de l'importance des pluies mensuelles.

2 - LA VÉGÉTATION (figures n°8 et 9).

La végétation des formations granito-gneissiques et en particulier celle du bassin versant de Grégoire est constituée d'une forêt dense, équatoriale ombrophile, sempervirente, dont voici les principaux traits physionomiques (OLDEMAN, 1966 ; BLAN-CANEUX, 1971).

* Le diamètre moyen des arbres est faible. Il n'y a qu'un nombre restreint d'individus dépassant 50 centimètres et ce n'est que par endroits que l'on trouve des arbres dépassant 1 mètre de diamètre.

* Le sous-bois est dense.

* Les lianes ligneuses de fort diamètre sont assez nombreuses.

* La proportion d'arbres possédant des contreforts ou des racines tabulaires ou à échasses n'est pas excessivement grande ; ce caractère est peut-être lié aux faibles diamètres des arbres ; cette proportion varie suivant la position topographique, les zones basses étant celles à plus forte densité.

Sur la composition floristique de la forêt, il y a lieu de faire les remarques suivantes :

* La répartition par espèce n'est pas homogène. On trouve des endroits où certaines d'entre elles sont très fréquentes et d'autres où elles le sont moins.

* La richesse en espèces ligneuses ne semble pas énorme.

* Il ne semble pas y avoir de types de forêts différents dans le bassin versant et, probablement, l'hétérogénéité de répartition par espèces ne reflète essentiellement que des différences d'ordre morphopédologique et hydrologique.

* L'enracinement des arbres est relativement superficiel. Les racines n'explorent en général que les 40 premiers centimètres du sol. Ces arbres apparaissent comme "posés" sur le sol. Ces racines sont d'autre part fréquemment dégagées ou déchaussées par le ruissellement superficiel.

Examen floristique de cette forêt.

Essences les plus nombreuses

Eperua Spp., Macrolobium Spp., Inga bourgoni., Swartzia Spp., Vouacapoua americana., Dicorynia guianensis., (Leguminosae).
Eschweilera odora (Lecythidaceae).

Essences fréquentes mais probablement pas dominantes

Spachea elegans (Malpighiaceae)., Ecclinusa Spp., Chrysophyllum Spp., (Sapotaceae). Licania Spp., (Rosaceae). Ocotea Spp., Licaria Spp., Nectandra (Lauraceae).

Essences régulières non fréquentes mal identifiées

Geissospermum Sericeum (Apocynaceae). Peratinera Spp. très fréquentes par endroits (Moraceae).

Essences fréquentes du sous-bois

Mabea Spp. (Euphorbiaceae). Sloanea Spp. (Elaeocarpaceae). Miconia Spp. (Melastomaceae). Rinorea Spp. (Violaceae).

Essences saprophytes sur la couche de débris végétaux sous forêt.

Gentianaceae. Burmaniaceae.

Essences des bords de chablis et des terrains plus ou moins hydromorphes voire marécageux

Cyperaceae. Rapataceae (Rapatea Paludosa).

Dans les toposéquences étudiées et sur la grande majorité des collines du bassin versant, la physionomie de la végétation amène à distinguer *deux milieux* : les parties hautes et les parties basses du modelé.

Dans les *parties hautes du modelé* la strate arborée présente une voûte irrégulière (entre 18 et 35 mètres de hauteur) où prédomine Eperua Falcata (Wapa) et Eschweilera Odora ; elle est caractérisée par un sous-bois relativement clairsemé, des trouées fréquentes dans la couverture végétale et de nombreux troncs en décomposition au sol. Ces observations doivent être reliées à l'enracinement superficiel des arbres qui les rend relativement instables et favorise leur chute par le vent (chablis, localement appelés "Djougoung-Pété", (BLANCANEUX, 1971, 1973). L'état imparfaitement structuré de la voûte forestière se traduit par une relative richesse en lianes par rapport à d'autres types de forêts sempervirentes, et également en plantes mobiles, entre autres les Aracées, les Cyclanthacées et les Marcgraviacées qui montent sur les troncs des arbres à l'aide de racines adventices, leurs parties postérieures mourant tandis que la partie antérieure continue la croissance. Les épiphytes non migrants plus classiques, sont aussi assez abondantes.

Il faut en outre stipuler (OLDEMAN, 1974) que la forêt modifie son architecture lorsqu'elle pousse sur des pentes. La stratification forestière étant horizontale, *la voûte tend à descendre les pentes en marche d'escalier* ; des zones de fréquence accrue de chablis s'établissant là où les plus grands arbres donnent prise aux coups de vent. Ces modifications de l'architecture forestière déterminent une autre composition floristique, procurant à son tour la rétro-information (feed-back) biologique nécessaire à l'édification de cette architecture. Un troisième mode de stratification forestière est réalisé dans les bas-fonds et autres endroits à eaux plus ou moins stagnantes pendant la saison des pluies.

Dans les *parties basses du modelé*, la végétation est plus touffue. Les arbres à échasses et à contreforts se font plus nombreux (Symphonia Globulifera.. Virola Surinamensis (Yayamadou).., Parinari Spp., ainsi que les palmiers. Les plantes herbacées indicatrices d'un milieu mal drainant sont fréquentes : Rapatea Paludosa et Bisbochelera Longifolia.

A noter que cette forêt sur granito-gneiss se distingue de ce que l'on appelle en Guyane Française la "grande forêt" rencontrée principalement sur le complexe volcano-sédimentaire et les roches basiques du socle.

Nous pensons qu'il s'agit ici d'une forêt en cours de dégradation sous l'influence d'une pédogénèse particulière.

La forêt équatoriale sempervirente est une mosaïque de végétations forestières d'âges différents, dont chacun représente

un aspect de la forêt sempervirente dans sa totalité. Ses formes extrêmes sont d'une part, le chablis, endroit de chute des grands arbres et où commence la régénération forestière et d'autre part la vieille forêt bien stratifiée. Pour OLDEMAN, 1974, le chablis est le stade le moins âgé où la production de la biomasse est maximale. Entre les deux il y a des stades de transition. Les fractions de terrain occupé par chaque stade ne sont pas quantitativement connus ; grossièrement, on peut estimer que les chablis frais, comme les vieilles forêts, occupent chacun 5 à 10% de la surface forestière totale. Dans le cas de forêts poussant sur les sols dérivés de roches granitiques telles que les forêts de la crique Grégoire, *il est rare de voir la forêt atteindre le stade bien stratifié* que l'on trouve assez régulièrement sur d'autres sols notamment sur ceux, profonds et bien structurés, qui dérivent des roches vertes et matériaux basiques du socle. Dans ce dernier cas, une voûte souvent bien constituée se trouve à 40 mètres de hauteur en moyenne ; c'est le cas du plateau de la Douane à Saül (BLANCANEUX, 1973). Une deuxième couche d'arbres adultes se situe à une hauteur d'environ 20 mètres, tandis que des ensembles d'arbustes et d'arbrisseaux atteignent à peu près 10 mètres, 5 mètres et 2 mètres de haut. Entre ces plantes adultes se trouvent des individus à croissance stagnante, mais qui sont capables de réaliser une forte expansion lorsque les conditions lumineuses s'améliorent ; ce sont les arbres *d'avenir* dont certains assureront l'édification d'une forêt future.

Sur les granito-gneiss de Grégoire, le développement de la voûte est enrayé par des limites pédologiques (horizons compactés, de faible perméabilité voire imperméables à moyenne profondeur, nappes perchées, développement nodulaire, etc...) empêchant les organes souterrains d'effectuer leur rizosynthèse à un taux suffisant pour soutenir la production de la biomasse nécessaire à une expansion continue de la cime. Le stade ultime de la sylvigénèse stratifiée n'y est donc qu'imparfaitement réalisé, parce que les arbres ne peuvent pas atteindre leurs hauteurs maximales. Le résultat est une forêt schématiquement représentée sur les figures n°8 et 9, qui possède une voûte irrégulière entre 18 et 35 mètres du sol, épaisse mais hétérogène, et qui laisse passer suffisamment de lumière pour que le sous-bois dense et riche en palmiers, traduise cet état de la voûte. Dans bien des cas, cette forêt présente l'allure de "marécages suspendus" dans le paysage.

3 - LE SUBSTRAT ET LES ROCHES-MERES (figure n°2)

Le bassin versant de la crique Grégoire correspond d'après la carte géologique Iracoubo à 1/100 000 (MAZEAS, CHOUBERT, DEPAGNE, LELONG, 1961), à l'extrémité sud-est du massif gneisso-migmatitique du "Coeur Maroni".

Les échantillons de roches partiellement ou non altérés que nous avons pu observer en bordure de la crique Grégoire sont des granito-gneiss à tendance porphyroïde, plus ou moins bien lités et contenant, visibles à l'oeil nu, outre les quartz et les feldspaths, de la biotite, du microcline et de la hornblende verte. MAZEAS y signale de l'allanite, de l'épidote, du sphène, de l'oligoclase, du zircon et quelques myrmékites ou perthites.

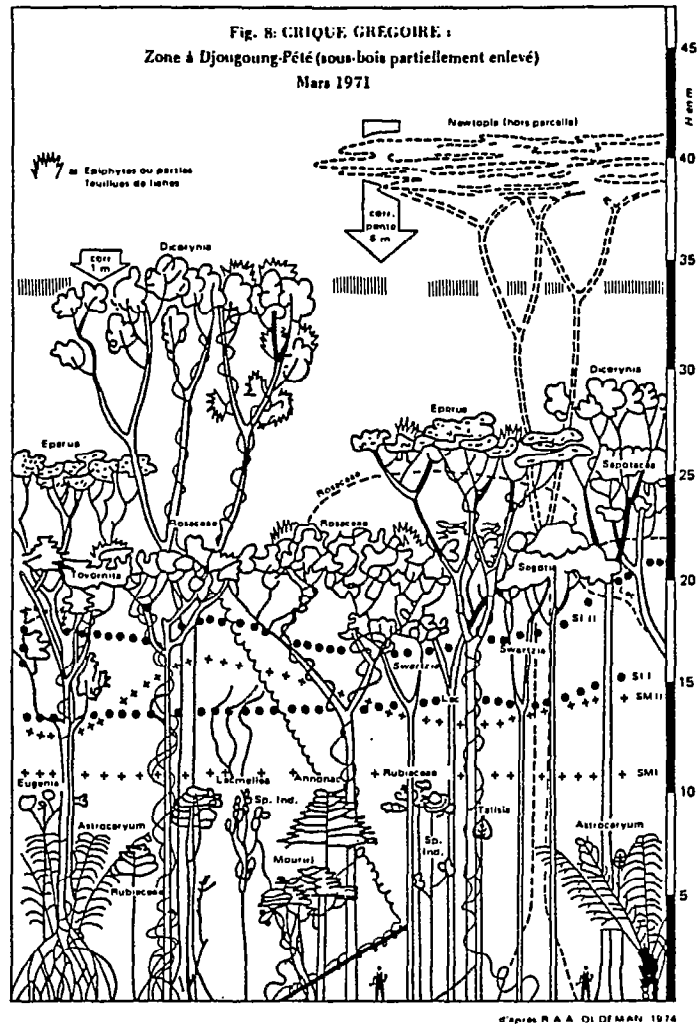
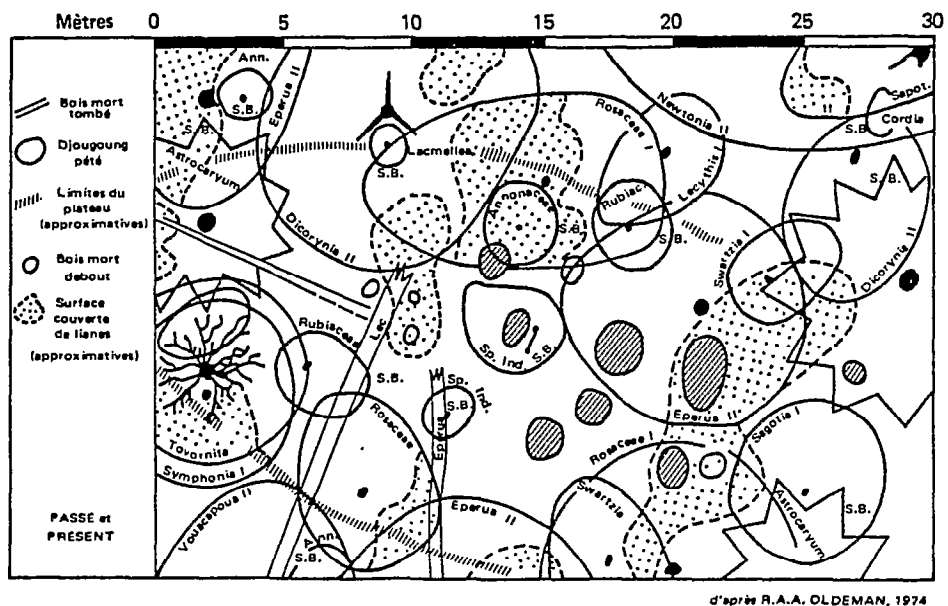


Fig. 9



Les gneiss et migmatites présentent çà et là des filons d'aprites ou de pegmatites.

Au contact entre les gneiss grossiers et les migmatites, il semble que ces gneiss grossiers reposent sur les migmatites ou gneiss fins et forment des collines bien individualisées aux *flancs abrupts*. Pour MAZEAS, ces gneiss grossiers représenteraient le sommet des gneiss et migmatites Caraïbes et les caractères texturaux et minéralogiques qui les différencient proviendraient d'une pression moindre ainsi que de la composition quelque peu différente des roches dont ils dérivent. Aux endroits où affleurent ces gneiss grossiers, ils représentent le point culminant du front de la granitisation Caraïbe.

La partie du bassin versant située à l'ouest de la station 1 de l'hydrologie est constituée d'un granite à tendance nettement gneissique présentant des porphyroïdes de gros cristaux de microcline et de la biotite en voie de chloritisation ; nous avons également observé un peu de muscovite.

Cette superposition de roches à grains grossiers surmontant le matériau à grain fin se retrouve un peu partout dans ce type de roche granito-gneissique Caraïbe (dôme de la crique Salva, bassin de la crique Toucouba, bassin de l'Oyapock, massif des Emerillons, etc...). Ces roches sont souvent traversées par des filons de quartz et de pegmatites graphiques à magnétite. La stratification est subhorizontale au centre, faiblement inclinée à la périphérie où les roches s'enfoncent en pente douce sous les schistes fortement métamorphisés de l'Orapu.

Signalons en outre que la granitisation Caraïbe est la plus récente de toutes celles qui ont affecté le précambrien des Guyanes. CHOUBERT, 1949, distingue deux phases de granitisation Caraïbe ; la première ayant engendré des gneiss et paragneiss des boutonnières anticlinales ; la deuxième, des massifs granitiques intrusifs. Les déterminations d'âge absolu ont confirmé l'existence de deux paroxysmes, le plus ancien se situant vers 2 200 millions d'années et le plus jeune vers 1 900 millions d'années, d'où la distinction entre granites Caraïbes jeunes et anciens. Les granito-gneiss à grain grossier à tendance porphyroïde et riche en biotite surmontant les granites d'origine para de la zone d'étude font donc partie des granites Caraïbes jeunes. Leur composition minéralogique et chimique est bien individualisée. Ils sont constitués de quartz, de microcline souvent pertithique, d'oligoclase, avec de la biotite et plus rarement de la muscovite. Le sphène et l'allanite sont presque toujours présents, parfois en beaux cristaux. On trouve régulièrement de l'apatite. Ce granite est légèrement lithinifère ; les teneurs en LiO_2 sont toujours supérieures à 0,1%. Enfin le type "central" de ces différents granito-gneiss Caraïbes, depuis les granites métasomatiques (granites para) jusqu'aux granites porphyroïdes grossiers, de type intrusif en passant par des gneiss et des granites feldspathisés, est un *granite* de type monzonitique, *pauvre en chaux, relativement riche en soude*.

Dans le tableau n°5 sont présentés les résultats d'analyse concernant un granite Caraïbe de la région de Saint Elie (ré-

gion proche de Grégoire sur le Sinnamary) tirés de CHOUBERT, 1974 ; analyses M. THIEBAUT.

SiO ₂	74,35		
TiO ₂	0,45	Q	35,04
Al ₂ O ₃	11,65	Or	27,24
Fe ₂ O ₃	1,42	Ab	27,77
FeO	1,27	An	3,61
MnO	tr.	C	tr.
MgO	0,16	CaSiO ₃	1,16
CaO	1,45	MgSiO ₃	0,40
Na ₂ O	3,25	FeSiO ₃	0,40
K ₂ O	4,56	Ma	2,09
P ₂ O ₅	0,16	Ilm	1,37
H ₂ O ⁺	1,04	Hem	tr.
H ₂ O ⁻	0,30	Ap	0,34
Li ₂ O	tr.		
<hr/>			
Total	99,86%		

Tableau n° 5

4 - LE MODELE

Les photographies aériennes de paysages formés sur granites Caraïbes (photographie n°10) présentent des aspects variés suivant qu'il s'agit de granites francs, de gneiss ou de migmatites. Mais d'une façon générale, l'examen de ces photographies montre un relief assez peu marqué, effacé, et qui se présente sous l'aspect d'une pénéplaine monotone. En fait, la présence d'une couverture forestière très dense, moutonnement continu d'arbres d'une trentaine de mètres de hauteur en moyenne dans les parties hautes des collines et de tailles supérieures dans les bas-fonds, tend à camoufler le relief ; celui-ci apparaît beaucoup plus nettement sur les images RADAR.

Le modelé est formé de collines à versants convexes de pente fréquemment supérieure à 20%, à sommet plan convexe. Leur diamètre est de l'ordre de 300 mètres et leur dénivelé de 30 à 50 mètres. Elles sont associées par groupes de 4 à 10, séparées par des vallées à fonds plats (pente inférieure à 3%) de 100 mètres de largeur environ. Dans chaque groupe, le profil transversal entre deux collines est abrupt (toposéquence IV à pente moyenne de 36%), et le thalweg est encaissé, en forme de V, dégageant fréquemment le granite dur (figures n°10, 11-a et 11-b).

La toposéquence IV représente les versants abrupts entre les collines et les toposéquences I, II et III, les versants convexes reliés aux bas-fonds. Le modelé propre à chacune de ces séquences est présenté dans le détail au chapitre consacré à l'organisation de ces dernières.

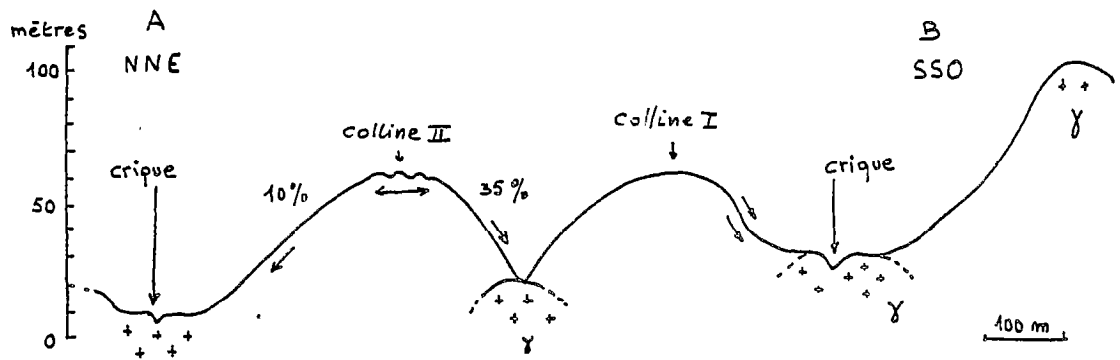
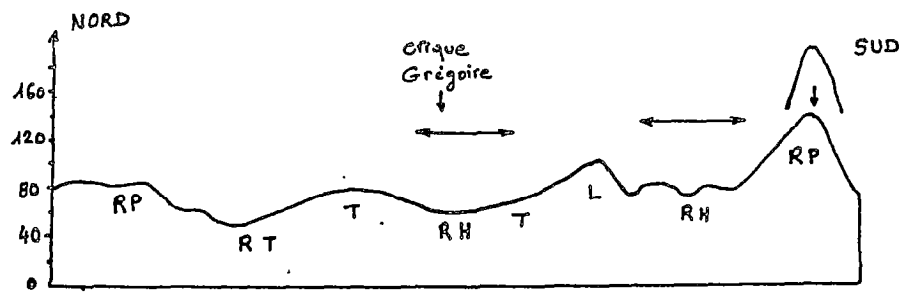
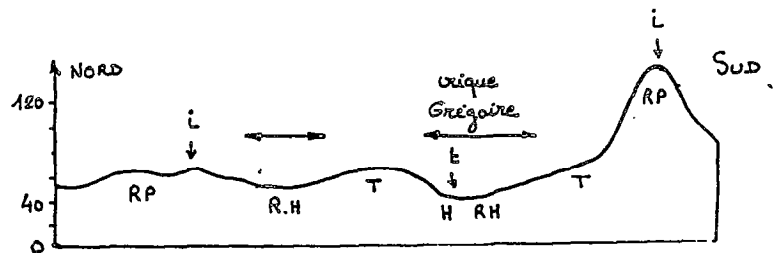


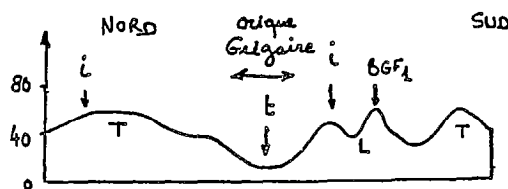
Fig. 10 - Coupe topographique approximative montrant le modèle en collines convexes associées par groupes entre les bas fonds.



a - coupe en amont du bassin versant



b - coupe au niveau du rétrécissement (noter la dissymétrie des versants).



c - coupe en aval du bassin

Figure 10-a : Coupes topographiques (profils transversaux) du bassin versant de Grégoire.

T (sols typiques); L (sols lessivés); RP (remous pleins) = sols à drainage vertical
Contraint, voire bloqué
RH (sols remous hydromorphes); H (sols hydromorphes) = sols à drainage vertical
+ sols à drainage latéral.

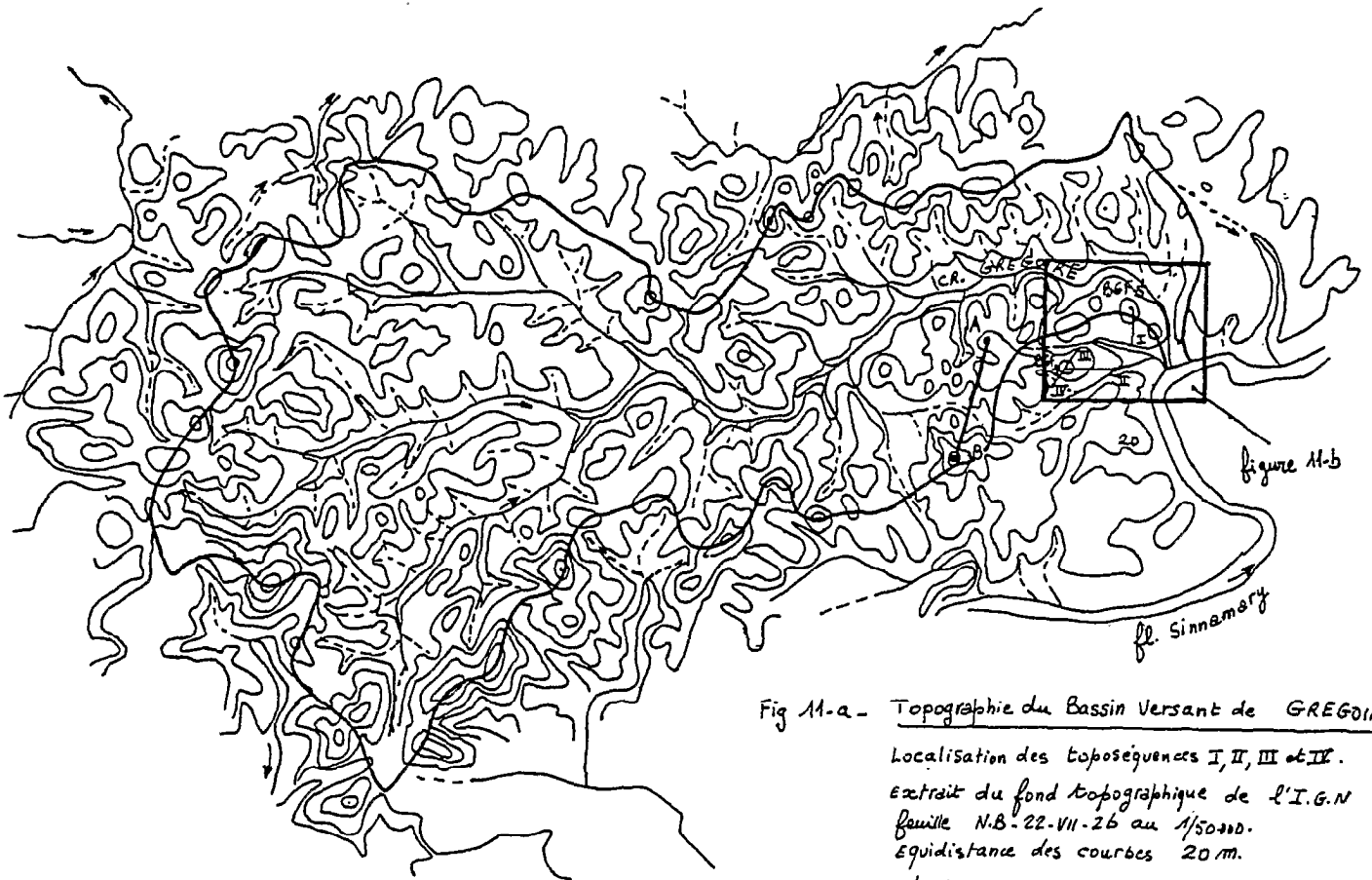



Fig 11-a - Topographie du Bassin Versant de GREGOIRE

Localisation des toposéquences I, II, III et IV.

Extrait du fond topographique de l'I.G.N

feuille N.B. 22.VII.26 au 1/50.000.

Equidistance des courbes 20 m.

Echelle :  500 m

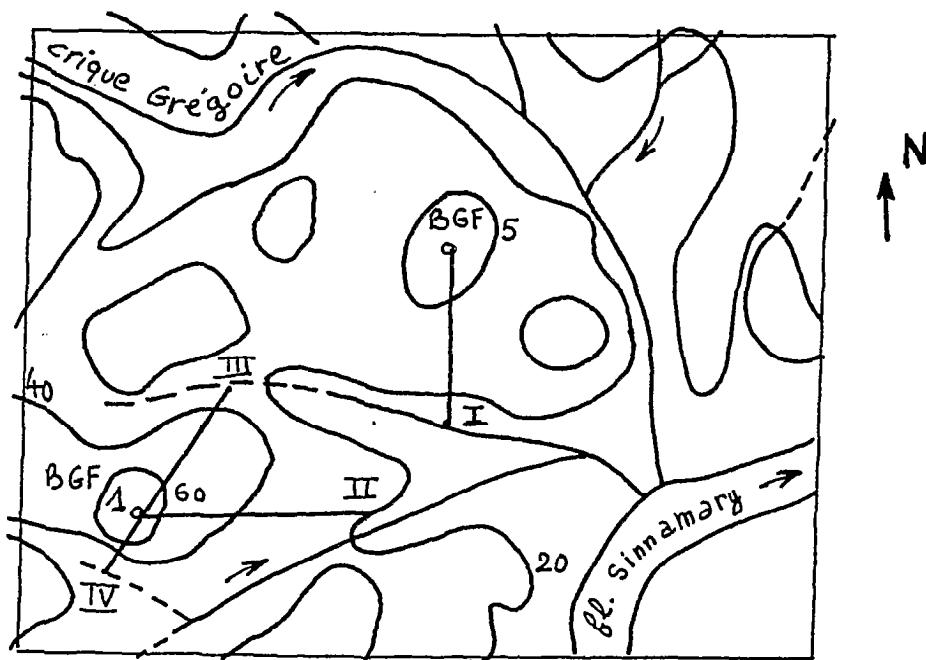



Fig. 11-b - Localisation des toposéquences I, II, III et IV de GREGOIRE.

Echelle :  100 m.

4.1 - Caractéristiques topographiques du bassin versant de Grégoire

Trois sous-bassins ont été distingués à l'intérieur du bassin versant de la crique Grégoire (HOEPFFNER, 1974) qui sont, BV1 de 8,4 km² délimité par une station de jaugeage S1 située en amont d'une chute de plus de 10 m de hauteur ; un bassin versant BV2 situé en aval et délimité par une station de jaugeage S2 ; enfin une fosse à sédiments a été construite sur un petit affluent du Sinnamary par le service hydrologique (BOURGES, 1970). Dans cette fosse sont recueillis les sédiments en vue de la détermination de leur poids et de leur granulométrie. Un déversoir triangulaire permettant de contrôler l'extrémité aval de cette fosse et les débits liquides écoulés sur ce micro-bassin versant élémentaire BV3 adjacent à BV2.

La case ERLO de Grégoire est située sur le versant sud de la colline où a été placée la station météorologique principale du bassin versant 2.

Voici d'après HOEPFFNER, 1974, les caractéristiques topographiques de ces trois sous-bassins versants :

BV1	Bassin de la grande chute	8,4 km ²
BV2	Bassin du petit saut	12,4 km ²
BV3	Micro-bassin adjacent	0,24 km ²

Ont été portés sur le tableau ci-dessous :

Le périmètre P

La surface S

Le coefficient de forme : $C = \frac{P}{2\sqrt{IS}}$

La longueur du rectangle équivalent :

$$L = S \frac{1}{2} \frac{C}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{(1,12)^2}{(C)^2}} \right]$$

L'indice de pente de M. Roche Ip

L'indice de pente global Ig

	BV1	BV2	BV3
P km	12,7	19,1	2,25
S km ²	8,4	12,4	0,24
C	1,22	1,52	1,28
L km	4,6	8,0	0,83
Ip	0,135	0,126	0,026
Ig m/km	15,4	11,9	5,0

Tableau n° 6. - Caractéristiques topographiques des BV de Grégoire

(D'après HOEPFFNER, 1974)

4.2 -Caractéristiques morphologiques du bassin versant de Grégoire

Les caractéristiques morphologiques des trois sous-bassins versants sont les suivants (HOEPFFNER, 1974) ; la classification des thalwegs ayant été faite d'après le schéma de SCHUMM à partir de la carte d'état major au 1/50 000 de l'I.G.N. pour les bassins 1 et 2 et à partir du relevé topographique au 1/5 000 de J. DEWARD pour le bassin n°3.

Il a été calculé :

Le rapport de confluence : $Rc = \frac{Nx}{Nx + L}$

Le rapport de longueur : $RL = \frac{\bar{Lx}}{Lx + L}$

La densité du drainage : $Dd = \sum \frac{Lx}{S}$

	BV1		BV2		BV3	
	Nx	Lx	Nx	Lx	Nx	Lx
1	102	24,0	157	35,0	4	0,9
2	24	6,6	36	13,6	1	0,6
3	5	5,7	6	6,0	-	-
4	2	2,7	2	2,7	-	-
5	1	1,2	1	3,9	-	-
Lx		40,2		61,2		1,5
Rc	4,6		4,9		4,0	
RL	2,2		2,0		2,6	
Dd	4,8		4,9		6,2	

Tableau n° 7. - Caractéristiques morphologiques
des bassins versants de Grégoire

(D'après HOEPFFNER, 1974)

D'après ces résultats on peut voir que les bassins versants 1 et 2 ont des caractéristiques morphologiques voisines. Le bassin versant BV3 ne peut leur être comparé, l'échelle utilisée étant différente et l'orohydrologie d'un bassin versant de 0,24 km² n'étant pas assez bien représentée sur une carte au 1/50 000 pour que les paramètres obtenus à cette échelle soient bien représentatifs.

5 - LE MICROMODELE

5.1 - Le micromodelé du sommet des versants. Les "Djougoung-Pété".

Localisation :

Au cours de la cartographie pédologique du bassin versant de Grégoire, des dépressions ont été fréquemment observées sur les replats sommitaux des collines. Ces trous, appelés "Djougoung-Pété" par la population locale et "Cow hole" par les noirs Saramakas Surinamiens, ont une densité particulièrement forte au sommet des toposéquences II, III et IV où elles ont fait l'objet d'observations détaillées (BLANCANEUX, 1971, 1973). Leur nombre décroît vers l'aval des versants.

Forme et dimension :

De forme généralement circulaire, ces trous peuvent avoir des formes très variées. Nous en avons observé d'ovales, de rectangulaires ; ils sont parfois anastomosés et en s'accolant, déterminent de véritables canaux d'écoulement sur les pentes. Si donc dans la majorité des cas, la forme circulaire l'emporte, de nombreuses variantes existent.

Leur dimension est hétérogène mais varie assez régulièrement de 1 à 1,50 mètres de diamètre environ. Leur profondeur moyenne est de 40 centimètres. Ces trous peuvent apparaître isolés mais ils sont le plus souvent associés, groupés. La surface du sol au sommet des versants des toposéquences II, III et IV a l'aspect d'un paysage ayant été soumis à un bombardement.

Examen du fond de ces trous :

Ces dépressions sont généralement plus ou moins remplies de débris végétaux (feuilles, racines, bois pourris, etc..) et de ce fait le siège d'une activité biologique intense. Sous les débris végétaux on note un matériau sablo-argilo-limoneux très riche en éléments grossiers quartzeux, altérés, ferruginisés, subanguleux. La présence de pseudo-concrétions sableuses est parfois observée ainsi que des graviers lavés constitués de concrétions et de nodules ferrugineux. Les dimensions de ces éléments grossiers sont hétérogènes mais restent de l'ordre du centimètre.

Le fond de ces trous est relativement imperméable, l'eau y stagne longtemps après l'arrêt des pluies.

Formation de ces dépressions :

La formation de ces dépressions a été attribuée (BLANCANEUX, 1973) au déracinement des arbres (chablis) dans des conditions très particulières ; ce déracinement reste lié à un comportement hydrodynamique très original de ces sols ferrallitiques qui est lui-même la conséquence de caractéristiques physiques défavorables (horizons imperméables, compacts et massifs à moyenne profondeur) ; ces sols sont soumis dans leur partie supérieure à une érosion pernicieuse par appauvrissement de leur fraction fine colloïdale.

a - L'Erosion

Sur les replats sommitaux de même que sur les hauts de versants,

les traces d'érosion par action du ruissellement épidermique des eaux sous la litière ainsi que l'action du battage du sol par les grosses gouttes d'eau dans les zones dégagées de leur litière sont particulièrement visibles.

Au cours d'une pluie de 47 mm, en soulevant les débris végétaux recouvrant le sol, nous avons constaté un écoulement de l'eau sous la forme d'une lame intimement liée au chevelu racinaire qu'elle baigne. Les grosses gouttes d'eau en tombant des arbres perturbent constamment la partie la plus superficielle du profil dans les zones où la litière fait plus ou moins défaut. Les projections d'agrégats sablo-argileux à la base des troncs sous l'impact des gouttes atteignent facilement 60 cm. Il y a un remaniement constant des deux premiers centimètres du sol. Les grains de quartz sont sans cesse déplacés les uns par rapport aux autres et glissent entre le chevelu racinaire. Il en résulte un nettoyage systématique de la couche de racines dénudées qui courent sur le sol. Les eaux circulent librement entre les radicelles et ont tendance à se rassembler le long des plus grosses racines qu'elles dégagent du matériau sablo-argileux qui les entoure. Il est bien évident que les phénomènes observés au cours de cette pluie jouent avec d'autant plus d'ampleur que la pluie est forte.

b - Les chablis (arbres déracinés naturellement, entraînant la terre comprise entre leurs racines).

Il s'agit de la conséquence d'un mauvais fonctionnement hydrodynamique du sol qui découle des très mauvaises qualités physiques de ce dernier (présence d'horizons compactés, massifs, imperméables à moyenne profondeur) et qui conduisent à un enracinement superficiel des arbres à la limite supérieure d'un niveau très riche en concrétions ferrugineuses et en gravillons quartzeux, ferruginisés.

Lors des averses torrentielles et plus particulièrement au début des saisons pluvieuses, les sols se trouvent très rapidement saturés, puis engorgés. Le drainage à travers le profil est bloqué à un niveau relativement plus riche en argile. Au dégagement racinaire provoqué par l'érosion en surface (ruissellement) viennent s'ajouter des mouvements de glissement liés à une différence brutale des propriétés physiques (compacité, texture, structure...) entre les horizons A et B. Ces mécanismes de glissement peuvent entraîner un mouvement relatif de ces horizons l'un par rapport à l'autre.

Les chutes d'arbres sont très nombreuses particulièrement sur les sommets des collines où l'action du vent se fait davantage sentir. Or, un arbre qui tombe en forêt tombe rarement seul. Il entraîne dans sa chute souvent ceux qui lui sont liés par un enchevêtrement de lianes. Le nombre d'arbres déracinés, en voie de disparition relativement rapide est élevé sur ces formations granito-gneissiques, parce que :

- Ces arbres sont "posés" sur le sol. Le réseau racinaire et radicellaire, s'il peut s'étendre jusqu'à 2 mètres de diamètre autour de l'arbre, reste superficiel. Il n'y a pas de pivot dans le système racinaire.

- En surface, ce système racinaire est dégagé par le ruissellement superficiel.

- Un niveau gravillonnaire grossier, de quartz polis ou subanguleux, cuticulés, ferruginisés et de concrétions ferrugineuses, issues d'altération

du matériau originel, reste lié à l'existence d'un matériau plus argileux, compact, massif et imperméable. Ce niveau contribue à dévier les racines horizontalement. Ces racines ont tendance à être déchaussées.

- Le niveau d'altération du matériau originel est lui-même relativement proche de la surface ce qui tend à augmenter la compacité interne de ces sols (augmentation sensible du taux de limon dès une faible profondeur).

- Les déclivités sont très fortes en bordure de ces replats sommitaux d'où une forte érosion et un décapage constant des horizons supérieurs.

- Le vent a une action relativement forte sur les replats sommitaux. Il joue là comme facteur primordial dans le déclenchement de la chute d'arbres déjà instables par leurs enracinements.

Si nous voulons schématiquement représenter le mode de formation d'un de ces trous, nous aurions quatre étapes (figure n°12). :

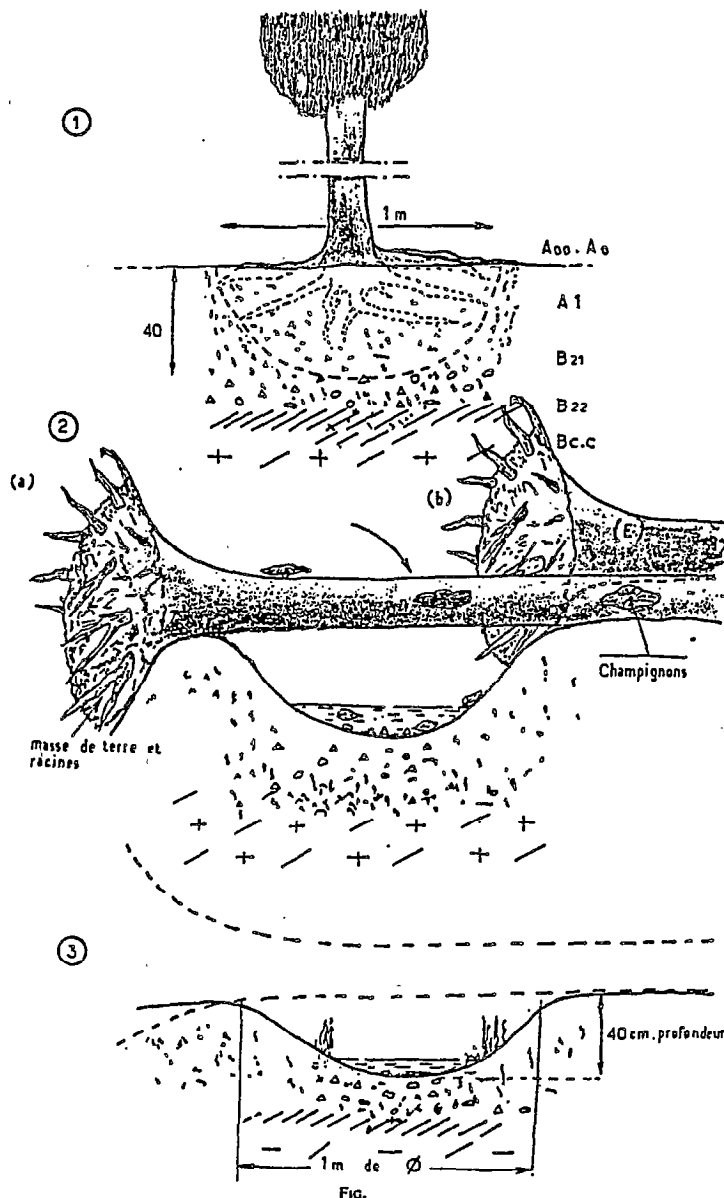


Fig. 12. Mode de formation des "Djougaung-Pété".

1° - L'arbre est vertical. Ses racines explorent un certain volume de sol (rhizosphère) dont les qualités physiques et chimiques (taux en matière organique) sont relativement favorables à leur pénétration ; mais, dès une faible profondeur (40 cm), ces propriétés deviennent nettement différentes et défavorables.

2° - L'arbre tombe. Il entraîne avec lui une certaine masse de terre. A la place des racines une dépression de forme circulaire s'est formée ; suivant la position du tronc sur le sol ou la topographie du lieu de chute, la forme du fossé peut varier. Entraînant d'autres arbres avec lui, il se formera autant de trous qu'il y aura d'arbres abattus. Deux positions relatives de l'arbre par rapport au tronc ont été observées (figure n°12 a et b).

3° - Un horizon gravillonnaire à la limite supérieure d'un niveau compact, massif, riche en quartz grossiers ferruginisés, en nodules et en concrétions ferrugineuses est directement mis à nu. Le jeu de l'érosion est d'autant plus fort que les pentes sont accentuées. Il y a soit déblaiement du trou par ruissellement (1/3 supérieur des pentes en bordure des replats), soit stagnation de l'eau dans les trous sur les replats : il y a donc difficulté dans le redémarrage de la régénération forestière. Il s'établit dans les trous un microbiocénose où l'on trouve des Rapateaceae appartenant aux genres des bas-fonds hydromorphes souvent pédologiquement comparables des "tête-crique" ou sources.

4° - L'arbre tombé est très rapidement attaqué par la microflore (moisissures) et par la faune (termites). La disparition totale d'un arbre tombé sous forêt guyanaise serait de l'ordre de 10 ans ! Elle est évidemment fonction de l'espèce, l'un des plus résistants étant le Wacapou (Vouacapoua Americana Aubl. Leguminosae).

5.2 - Le micromodelé des versants

Sur les versants, les écoulements superficiels sont d'autant plus importants que les pentes sont fortes et les traces des différents modes d'érosion sur le micromodelé y sont d'autant plus visibles.

- De nombreux *petits décrochements* ou *marches* (figures n°15 et 16) sont observés dans tout le versant. Dans la toposéquence II, au niveau du profil BGF 21, un décrochement de 150 cm de hauteur sur 4 mètres de longueur a été étudié. Il est le résultat de la chute d'un arbre dont l'enracinement superficiel était limité horizontalement par la présence d'un niveau concrétionné. L'arbre tombé vers l'aval du versant avait presque complètement disparu ; il avait entraîné avec ses racines une masse de terre qui en se déposant à l'aval de la dépression créée lors de la chute sous l'action combinée du ruissellement superficiel et du battage par les gouttes d'eau, a créé un monticule. Ce dernier, érodé par les eaux s'est peu à peu appauvri en fraction fine et, au lieu du décrochement, seuls demeurent les éléments de granulométrie grossière (sables quartzeux et concrétions ferrugineuses). La dépression elle-même est plus ou moins comblée à la longue par les éléments grossiers sableux mélangés aux concrétions.

- En haut de versant prédomine une *érosion en nappe* par appauvrissement en fines du type de celle décrite à l'aval du sommet de versant. Au fur et à mesure que la pente augmente, ces écoulements se singularisent suivant des directions déterminées essentiellement par les racines principales. On peut alors distinguer :

- A mi-versant, une *érosion en rigole*. Les petits chenaux d'écoulement des eaux qui suivent les axes de plus fortes pentes en fonction des micro-accidents topographiques, d'abord très ramifiés, convergent vers l'aval du versant pour donner fréquemment naissance à de petites ravines.

- A l'aval du versant, la convergence de ces canaux d'écoulement détermine une *érosion en griffe*. Ces canaux n'atteignent toutefois qu'assez rarement 1 mètre de profondeur. Ils sont essentiellement remplis de pellicules sableuses.

- En bas de versant, des petits monticules épigés d'une dizaine de centimètres de haut sont très fréquemment observés. Ces formations sont dues d'une part :

* à l'action biologique de la faune du sol (termites et fourmis principalement) ; quelques turricules de vers sont toutefois également observés.

* à l'action mécanique des grosses gouttes d'eau qui tombent de la voûte forestière et qui projettent les agrégats sablo-argileux (à prédominance sableuse).

Ces petits monticules épigés sablo-argileux (la prédominance de la fraction sableuse des dépôts du bas de versant est à relier à l'érosion des sols de l'amont) sont surtout concentrés à la base des plantes herbacées ; protégés par les feuilles de ces dernières de l'impact des gouttes d'eau, ils en épousent curieusement les formes et les contours.

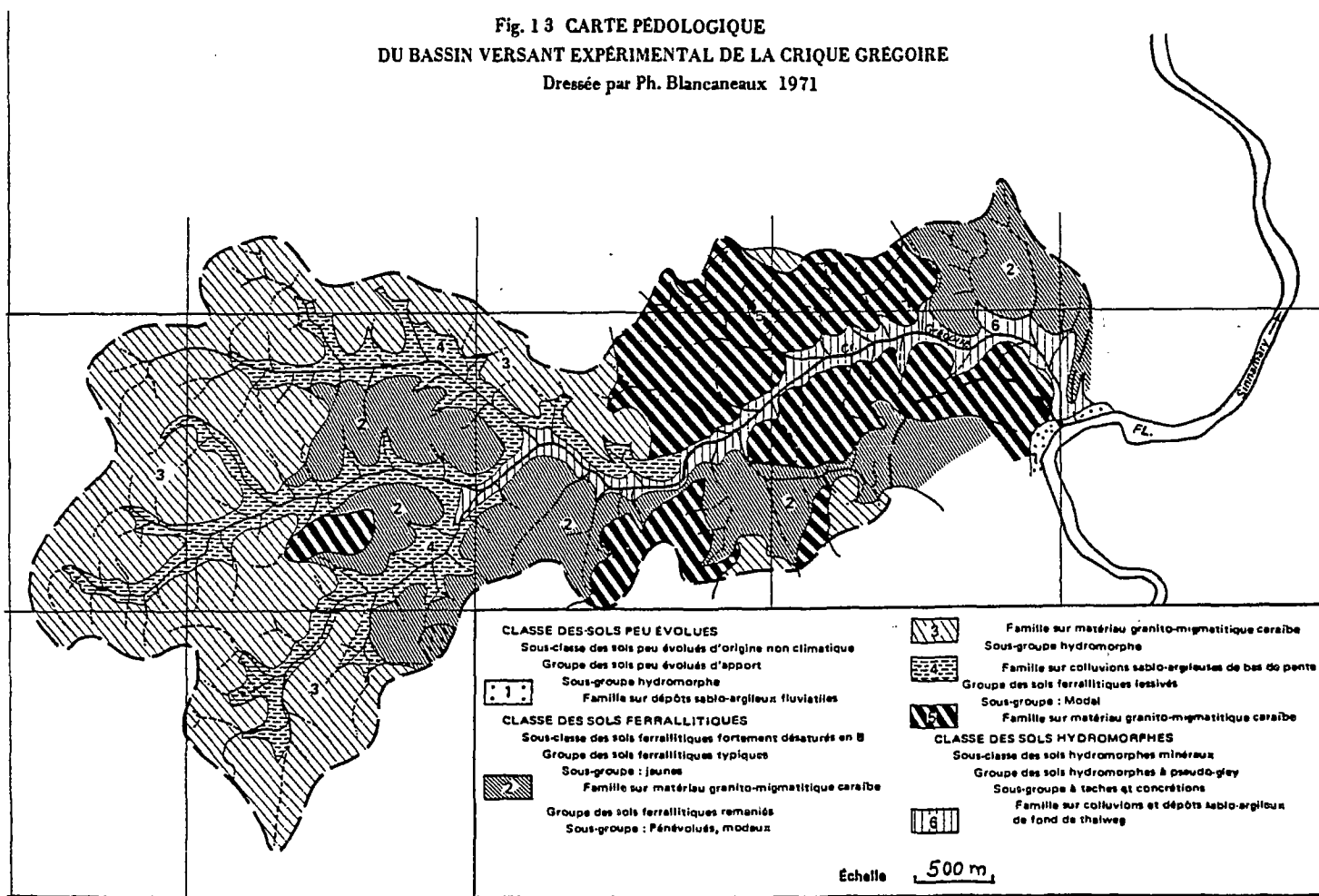
6 - LES SOLS (Aperçu général)

La carte pédologique (BLANCANEUX, 1971) du bassin versant de Grégoire, réalisée au 1/30 000 est présentée dans la figure n°13 :

Cette étude pédologique a montré que sur de très faibles distances, les profils de sols étaient affectés de caractères morphologiques et physiques très différents et qu'ils avaient corrélativement des comportements hydriques très variables.

Une forte variation latérale était mise en évidence à l'échelle des toposéquences, ce qui nous avait permis d'écrire (BLANCANEUX, 1971) :
... sur de faibles distances, les profils sont affectés de caractères physiques très différents, puisque nous rencontrons des sols dont la texture reste relativement équilibrée dans l'ensemble du profil assurant une capacité en eau adéquate et un drainage interne possible ; nous en avons rencontré d'autres par contre totalement imperméables dès une profondeur moyenne relativement faible, caractérisés par un horizon argillique, compacté, massif, ferme et au niveau duquel une nappe temporaire perchée peut prendre naissance ...

Fig. 13 CARTE PÉDOLOGIQUE
DU BASSIN VERSANT EXPÉRIMENTAL DE LA CRIQUE GREGOIRE
Dressée par Ph. Blancaneux 1971



CHAPITRE II

CHOIX DES TOPOSEQUENCES METHODE ET TECHNIQUES D'ETUDE

CHOIX DES TOPOSEQUENCES ET METHODE ET TECHNIQUES D'ETUDE

A - DELIMITATION ET CARACTERISATION MACROSCOPIQUE DES HORIZONS SUR LE TERRAIN ET DES ENSEMBLES DANS LES TOPOSEQUENCES.

Des quatre toposéquences étudiées sur le bassin versant de Grégoire (figures n° 11a, 11b, 14, 15 et 16), la toposéquence I où a été placée la case ERLO est plus particulièrement détaillée. Vingt six fosses pédologiques ouvertes suivant les lignes de plus fortes pentes, à des profondeurs variables atteignant 5,20 mètres en moyenne, ont parfois été prolongées par des sondages jusqu'à 8 mètres. De nombreux sondages également effectués entre les fosses pédologiques permettent de mieux suivre les variations latérales des horizons.

L'examen macroscopique de ces fosses a révélé que la différenciation verticale des profils variait latéralement le long de la toposéquence permettant la distinction morphologique des sols du domaine amont (haut et tiers supérieur de pente), du domaine aval de la séquence (mi-pente à bas de pente).

B - CARACTERISATION MICROSCOPIQUE D'ECHANTILLONS NON PERTURBES.

Le prélèvement de 64 échantillons en place a été effectué avec R. BOULET. L'imprégnation au vernis a été réalisée à Cayenne ainsi que le présciage des échantillons. La fabrication des lames minces fut faite à Bondy aux SSC de l'ORSTOM par P. VERDONI. L'interprétation des lames, l'identification pétrographique des minéraux, du squelette et du plasma, des traits pédologiques, ont été faites au Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles Renouvelables (MARNR) à Caracas avec M. GAVAUD. Nous avons réalisé le dessin des lames à partir d'observations au microscope polarisant et à la binoculaire dans les services du Dr P. BOTICKA au laboratoire des Mines et Hydrocarbures du Ministère des Mines au Venezuela. Les descriptions ont été faites en utilisant la terminologie proposée par BREWER, 1964.

C - LES DETERMINATIONS MINERALOGIQUES ET GEOCHIMIQUES GLOBALES DES SOLS.

L'identification minéralogique sur fraction fine (inférieure à 2 microns) a été effectuée par diffractométrie de R.X au laboratoire de minéralogie des SSC de l'ORSTOM à Bondy par Mme G. MILLOT dans les services du Pr. PINTA.

Les analyses chimiques totales par attaque triacide (analyse à $\text{FH} + \text{SO}_4\text{H}_2$) -Triacide, Fer total, Silice et Alumine- ont été effectuées tant sur la fraction fine que sur les refus au tamis 2 mm, au laboratoire de chimie des sols (ORSTOM, Bondy) par P. PELLOUX, 1975. Les résultats obtenus nous permettent de suivre les variations géochimiques globales d'un horizon à un autre ainsi que leur variation latérale dans la toposéquence.

D - LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET LES DETERMINATIONS COMPLEMENTAIRES HYDRIQUES DES SOLS.

Les analyses physiques, granulométrie, profils hydriques, rétention d'humidité à différentes pressions (pF 2,5 et 4,2), perméabilité, instabilité structurale, et les analyses chimiques, pH, matières organiques, complexe absorbant, cations échangeables), ont été faites sur échantillons remaniés au laboratoire du centre ORSTOM de Cayenne, d'abord par J.L. THIAIS et G. LAPLANCHE, puis par L.J. NALOVIC. 338 échantillons ont été soumis à des analyses diverses.

Des mesures de densité apparente, par pesée et détermination du volume par poussée d'Archimède (mottes imbibées de paraffine) ont été réalisées à Cayenne en vue de la détermination de la porosité totale.

Nous avons également effectué des mesures de perméabilité du sol en place avec J.L. THIAIS et J.M. BRUGIERE (1970) avec l'appareil de MUNTZ modifié par THIAIS, 1968, sans anneau de garde.

E - LES DISPOSITIFS HYDROLOGIQUES DE MESURES DU RUISSELLEMENT, DE L'EROSION ET DU DRAINAGE OBLIQUE (CASE ERLO ET BASSIN VERSANT)

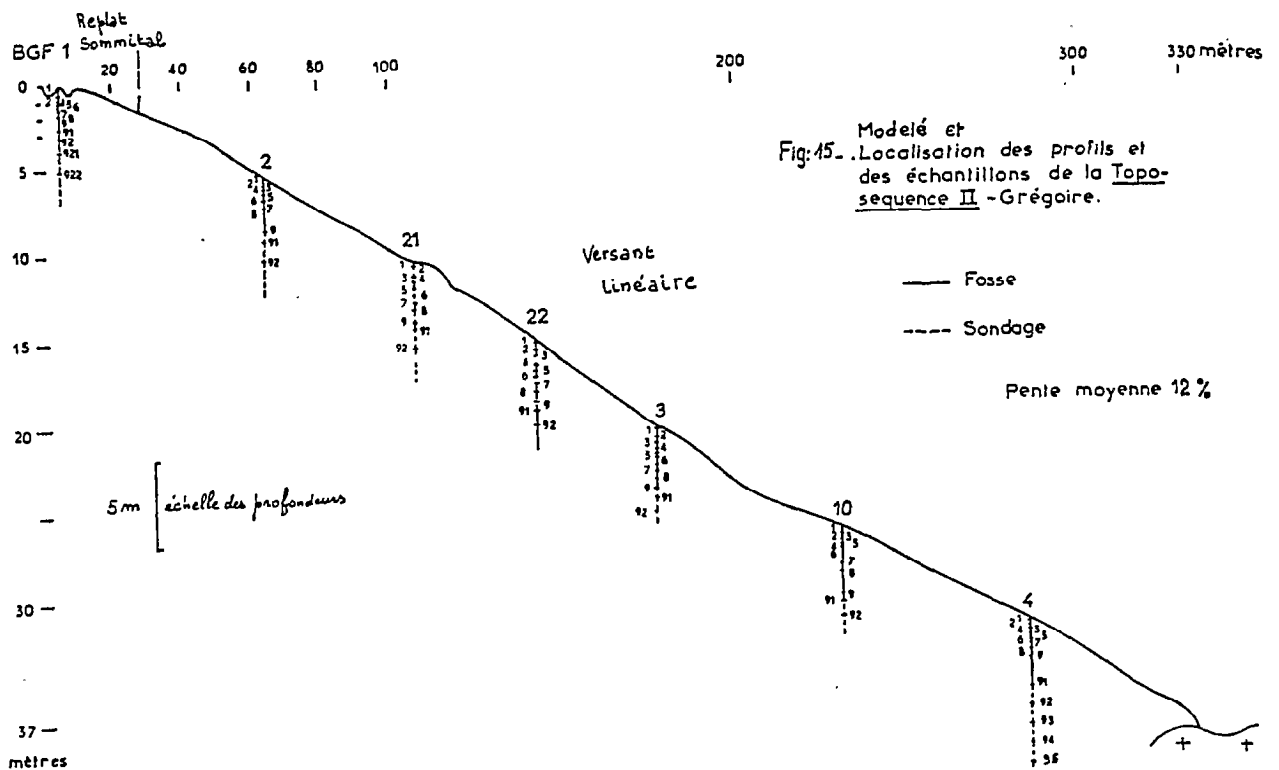
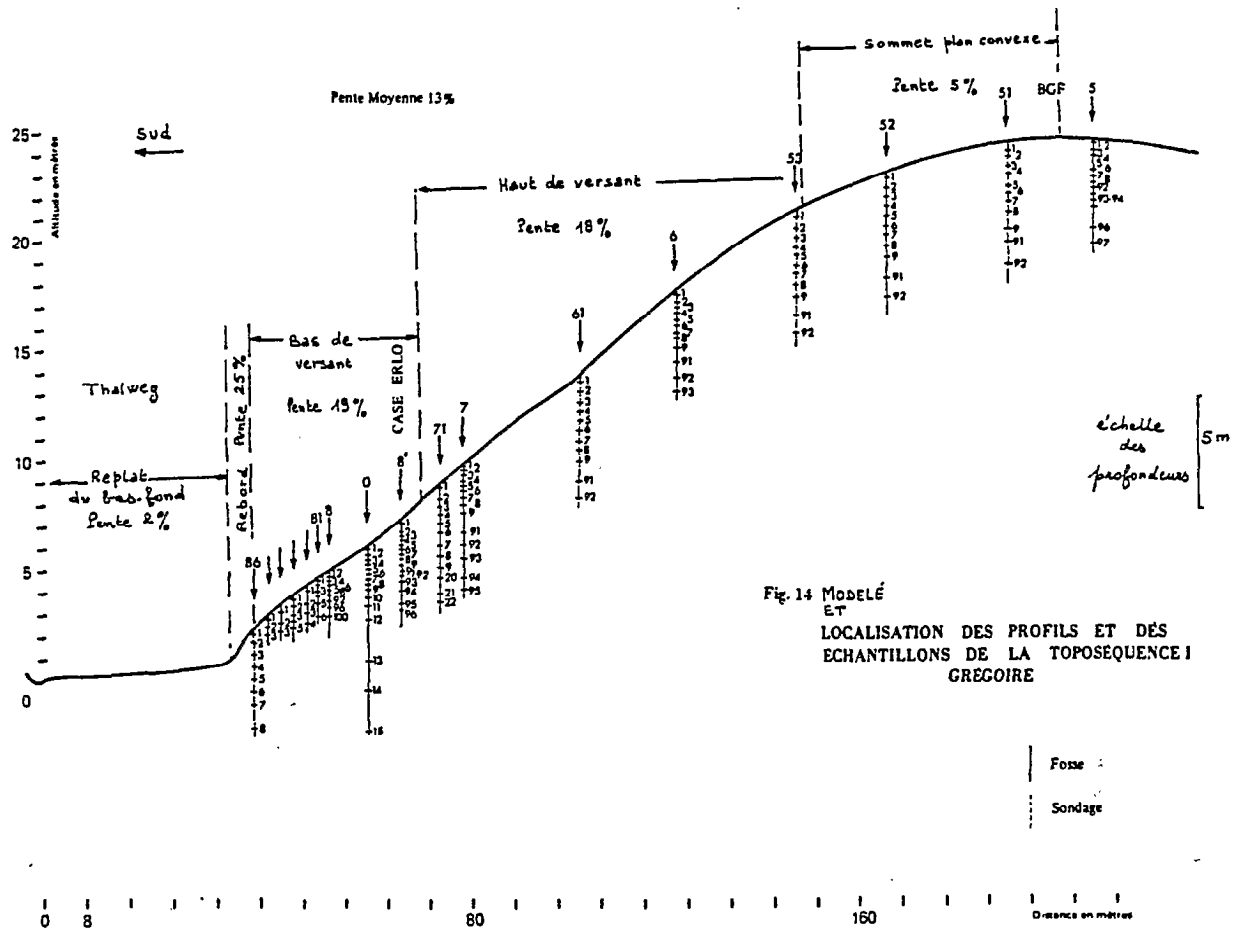
1 - CASE ERLO

1.1 - Description du dispositif et des méthodes d'études utilisées.

11.1 - Sur le terrain (photographies n°1 à 9).

La colline où a été placée la case ERLO fut choisie durant la cartographie pédologique du bassin versant (BLANCANEUX, 1971). Elle est représentative d'une unité géomorpho-pédologique (pénéplaine d'altération en demi-oranges basses) non seulement généralisée à l'ensemble du bassin versant de Grégoire, mais aussi très largement représentée à l'échelle du "massif des Guyanes".

Une parcelle de 25 mètres de long sur 6 mètres de large, soit de 150 m² et de pente moyenne égale à 23% a été placée au 1/3 inférieur de la colline dont la pente globale est d'environ 13%.



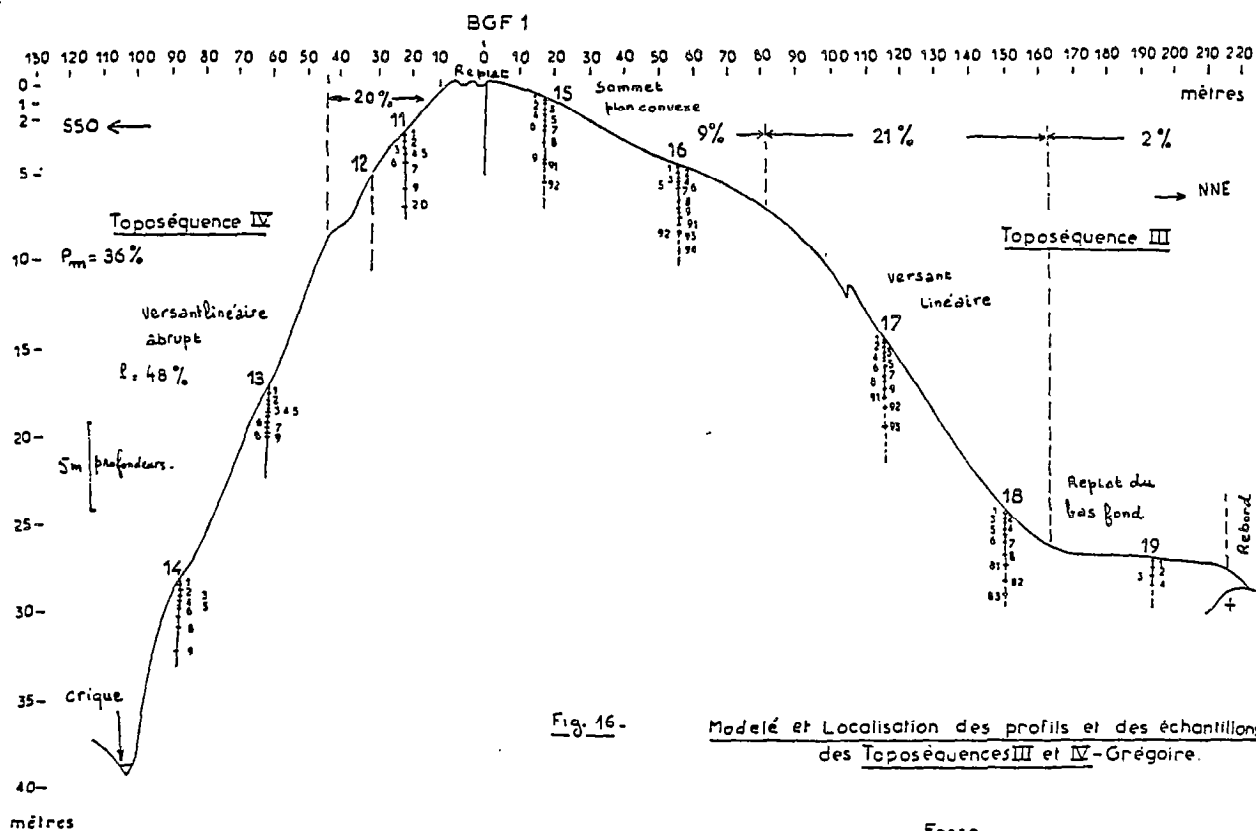


Fig. 16 -

Modèle et Localisation des profils et des échantillons
des Toposéquences III et IV - Grégoire.

— Fosse
- - - Sondage

La délimitation de la parcelle a été faite par une double rangée de planches de 30 cm de large et de 25 mm d'épaisseur, fichées sur 15 cm de profondeur dans le sol, afin d'empêcher les eaux ruisselant superficiellement d'y entrer ou d'en sortir. La parcelle se trouve sous forêt primaire intouchée.

En aval de cette parcelle, deux fosses distinctes de 300 x 200 x 180 cm ont été creusées, solidement étançonnées et cimentées, en vue de recueillir, d'une part les eaux de ruissellement, d'autre part d'intercepter le drainage oblique.

Le dispositif pour ce faire s'inspire du modèle qui fut mis au point par ROOSE, 1964.

Dans un tel dispositif on ne mesure pas directement le drainage vertical dont la valeur sera déduite du bilan hydrique.

111.1 - Ruissellement et Erosion

En aval de la parcelle et juste en amont des fosses de récupération, un canal de ruissellement (photographie n°2) constitué de deux parties distinctes a été aménagé. Dans la première partie, sur le front de récupération des eaux de recueil oblique (2 m), le sol a été plastifié directement en place à l'aide de laine de verre imbibé de résine puis recouverte de coltar. La seconde partie du canal (4 m) est en ciment. Un tube plastique de 100 mm de diamètre conduit les eaux de ruissellement dans une cuve à partiteurs (15 partiteurs de 50 mm de diamètre), dont la capacité est de 208 litres. Un seul partiteur conduit à un second fût de stockage dont la capacité est de 225 litres. La capacité totale du stockage est donc de 3 375 litres. Le coefficient de ruissellement maximum considéré d'après les premiers résultats des hydrologues (HOEPFFNER, 1972) étant de 75%, ce système se serait malgré tout avéré insuffisant pour le stockage des eaux récupérées lors de certaines averses à caractère torrentiel si la surveillance constante des fûts n'avait été faite au moment de ces dernières, ce qui a permis de détourner momentanément le partiteur vers un troisième fût de stockage.

Un piège à sédiments est situé dans le premier fût et les eaux y sont conduites par l'intermédiaire d'un manchon en toile plastique qui évite les phénomènes de turbulence et permet la récupération des sédiments grossiers (terre de fond) dans un bac,

111.2 - Eaux de drainage oblique

La fosse de récupération des eaux de drainage oblique, sur les conseils de ROOSE, 1973, a été nettement séparée de la fosse de récupération des eaux de ruissellement par un mur naturel d'environ 1 m de large. Deux canaux d'évacuation des eaux vers l'aval des fosses ont été également ouverts (photographies n°3 et 6); en saison des pluies, le ruissellement est en effet tel sur ces sols, que les fosses, bien que couvertes d'un toit (figure n°17) se trouvent rapidement pleines d'eau, d'où la nécessité d'ouvrir vers l'aval ces canaux.

Les eaux circulant obliquement dans le sol sont interceptées par des gouttières métalliques enfouies d'environ 20 cm dans le sol aux différents horizons pédologiques préalablement déterminés dans le profil. Quatre gouttières ont ainsi été placées dans le profil BGF 8.

La largeur de captage des eaux de drainage oblique est égale à 2 mètres.

L'étañonnage de la paroi où ont été enfoncées les gouttières a été réalisé en respectant, dans toute la mesure du possible, le sol en place ; il a été réalisé à l'aide de planches soigneusement disposées entre les gouttières (photographies n°5 à 9).

* La première gouttière G1 a été placée à la base de l'horizon humifère, soit à 15 cm de profondeur.

* La seconde G2, au sommet d'un niveau riche en éléments de quartz grossiers et de gravillons quartzeux, à 57 cm de profondeur, dans un horizon B Oxyde.

* La troisième G3, à la base de cet horizon riche en éléments gravillonnaires, à 86 cm de profondeur ; horizon B Ox.

* La quatrième G4, à 164 cm de profondeur dans l'horizon d'altération.

L'introduction des gouttières G3 et G4 dans le sol a posé quelques problèmes vu l'abondance des éléments grossiers quartzeux. Le bourrage des fentes créées, par du sable grossier (quartz) récupéré sur place et lavé, a permis de refaçonner la région malgré tout très légèrement perturbée. Une toile moustiquaire en fibre de verre a été placée au contact de la gouttière et de la planche afin d'empêcher l'éboulement de la terre.

Les eaux de récupération des gouttières sont conduites par l'intermédiaire de tuyaux en plastique dans les bidons de stockage également en plastique, d'une capacité de 60 litres pour la gouttière G1 et de 30 litres pour les gouttières G2, G3 et G4.

La construction de cette case ERLO telle qu'elle a été décrite a été réalisée avec l'aide technique de J.J. ROSTAN aidé des trois manoeuvres permanents de la section de pédologie de l'ORSTOM en Guyane, DEN-TELE, ZEPINA et ADAM pour le creusement des fosses.

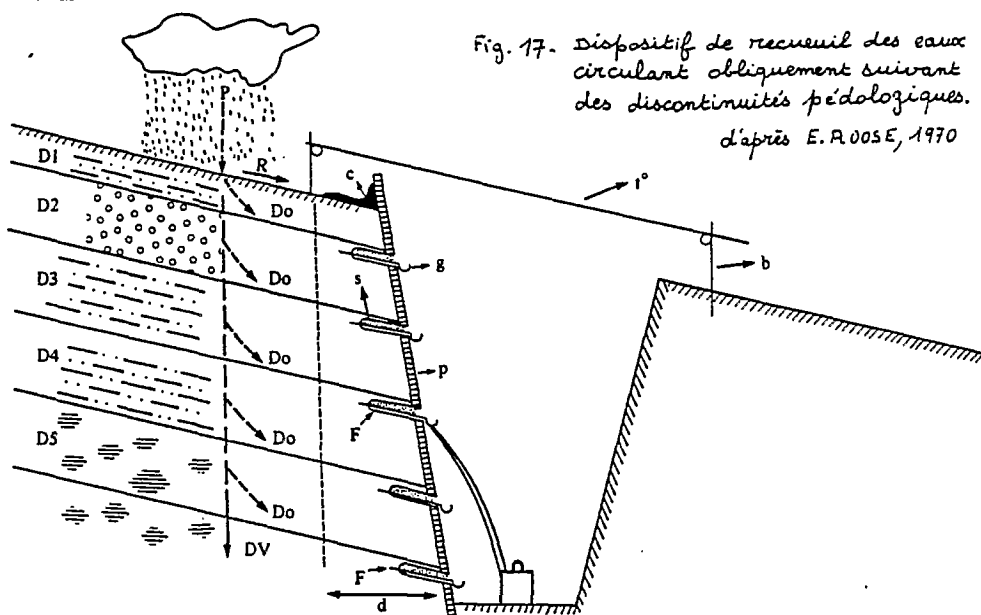
Les hauteurs et les intensités des précipitations sont mesurées par les pluviographes placés soit à la station météorologique de l'hydrologie située sous abattis au sommet de la colline, soit par la moyenne de six pluviomètres installés au sol, directement sur notre parcelle.

L'interception par la forêt peut être estimée par la différence entre les précipitations au-dessus du couvert végétal (station météo) et la moyenne des précipitations recueillies dans les six pluviomètres sous le couvert forestier de la parcelle.

Les déterminations volumétriques des eaux recueillies dans les bidons de stockage (ruissellement et drainage oblique) ont été faites deux fois par jour (6 h et 18 h) pour éviter au maximum les risques de débordement. Les températures des eaux sont également relevées au moment des observations journalières.

11.2 - Au laboratoire

Les déterminations analytiques suivantes ont été effectuées au laboratoire des sols du centre ORSTOM de Cayenne (THIAIS, LAPLANCHE, NALOVIC, BERGRAVE). Ces déterminations concernent :



P : Pluie . R : Ruissellement . D.V. : Drainage vertical . D.O. : Drainage oblique . D1, D2, D3, D4, D5 : Horizons pédologiques . C : Canal de ruissellement . G : Gouttière . To : Tôle . F : Fente . S : Sable lavé . D : Tranche de sol protégée par le canal C et le toit i°. b : Bâti qui soutient le toit . P : Planches .

112.1 - Les caractéristiques physiques des eaux

- Eaux de ruissellement :

- . Turbidité
- . Erosion
- . Température

- Eaux de drainage oblique :

- . Charge colloïdale
- . Température (relevés journaliers).

112.2 - Les caractéristiques chimiques des eaux (ruissellement et drainage oblique)

pH, conductivité, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Fe, Al, $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$, NH_3 , Matières organiques, Cu, Mn.

Au centre ORSTOM de Cayenne, les méthodes d'analyses utilisées furent les suivantes (L.J. NALOVIC) :

Turbidité : Flocculation des colloïdes à l'HCL dans des bidons de 20 litres. Prise d'un échantillon de 1 litre. Méthode employée depuis la création du bassin versant de Grégoire par les hydrologues.

Matières organiques : Oxydation par un excès de permanganate de potassium en milieu sulfurique ; réduction de l'excès de permanganate par l'acide oxalique ; dosage au permanganate N/20.

- Fe_2O_3 : Extraction à l'acide chlorhydrique. Réduction à l'état ferreux. Dosage au bichromate en milieu sulfurique.
- Fe et Al : Dosage par photométrie.
- SiO_2 : Dosage colorimétrique au molybdate d'ammonium ; coloration jaune au silicomolybdate et comparaison avec une gamme étalon au chromate de potassium donnant une transmission optique fonction de la concentration.
- Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ : Dosage au photomètre d'absorption atomique.
- Cu, Mn : Dosage par photométrie.

Tous ces résultats sont donnés en mg/litres, sauf Cu et Mn exprimés en Y/litres.

2 - LE BASSIN VERSANT DE GREGOIRE

Les mesures hydrologiques entreprises depuis 1967 sur le bassin versant de la crique Grégoire avaient pour but de caractériser l'écoulement sur granite après celles effectuées par HIEZ de 1958 à 1962 sur schistes (bassin versant expérimental de la crique Virgile) et sur roches vertes par J. HOORELBECK de 1964 à 1966 (bassin versant expérimental de la crique Cacao). Après 5 années d'observations, HOEPFFNER, 1974 publie les résultats obtenus pour un ensemble de sous-bassins versants sur le site de Grégoire, tous développés sur granite.

L'implantation des premiers équipements est effectuée par J. KONG sous la responsabilité de J. HOORELBECK en 1967. De 1968 à 1970, J. BOURGES fait entreprendre les premières observations et complète l'équipement du bassin avec J. DEWARD. Les mesures sur le terrain sont dues à J. DEWARD, A. d'ALEXIS et S. FRAUMAR.

La crique Grégoire draine à son confluent avec le Sinnamary une superficie de 12,4 km². Une carte partielle du bassin versant du Sinnamary permet de situer géographiquement cette crique (figure n°3).

Après l'installation de la station S2 sur un seuil rocheux légèrement en amont de ce confluent, il fut observé un ennoïement du radier en ciment lors des crues du Sinnamary.

Une deuxième station S1 située plus haut sur la crique Grégoire, en amont d'une chute de plus de 10 mètres fut alors mise en place sur un seuil naturel. Elle se trouve à l'exutoire d'un bassin de 8,4 km².

Enfin une fosse à sédiments S3 (figure n°18) fut construite sur un petit affluent du Sinnamary. Dans cette fosse furent recueillis les sédiments charriés, pour la détermination de leur poids et de leur granulométrie. Un déversoir triangulaire permet de contrôler à l'aval de cette fosse, les débits liquides écoulés sur ce bassin versant élémentaire BV3 de 0,24 km².

C'est donc sur cet ensemble de trois sous-bassins, tous sur granite qu'ont été effectuées les observations météorologiques et les mesures hydrologiques dont certains résultats seront présentés dans cette étude.

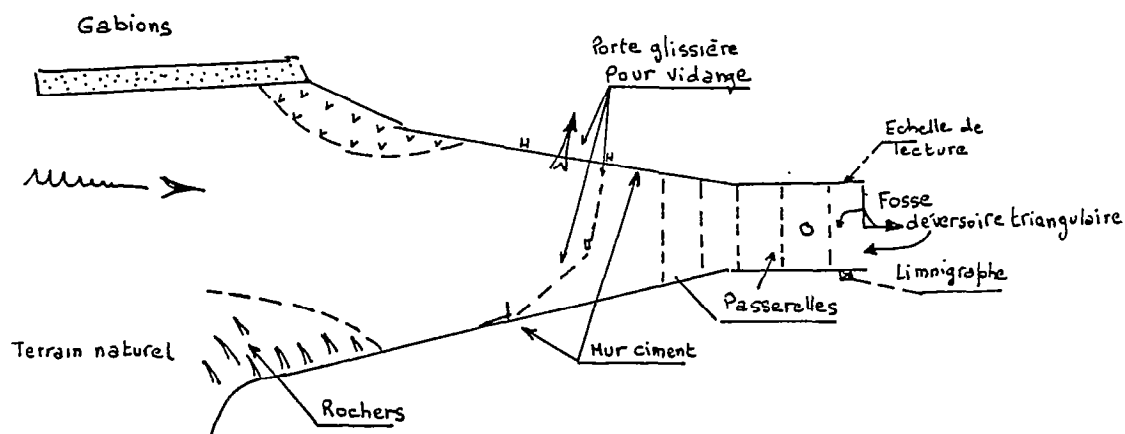


Fig. 18- Fosse à sédiments (Vue de dessus) . B.V₃ de GREGOIRE.

DISPOSITIFS DE MESURE

2.1 - Pluviométrie (figure n°3).

L'installation et la maintenance d'un réseau pluviométrique dans une région de forêt équatoriale inhabitée présente de nombreuses difficultés dont les principales sont :

- La déforestation, aux emplacements choisis, sur un rayon de 30 à 40 mètres.
- La conservation de la clairière et des layons d'accès.
- L'absence de main d'oeuvre sur place ce qui nécessite l'installation de pluviographes relevés seulement tous les 8 jours.

Et en région forestière, des impuretés d'origine végétale obstruent souvent les entonnoirs, malgré les précautions prises. Pour ces différentes raisons, quelques chiffres communiqués par les hydrologues ont dû être estimés.

L'équipement des sous-bassins du bassin versant de Grégoire se compose ainsi :

- BV1 : 9 pluviographes à rotation hebdomadaire et l'un deux journalier.
- BV2 : les 9 précédents, ainsi que 4 pluviographes à rotation hebdomadaire situés sur le bassin inférieur, à l'aval de la station 1.
- BV3 : 2 pluviographes à rotation journalière auxquels sont adjoints 2 pluviomètres Association.

Enfin la station météorologique est équipée d'un pluviographe à rotation journalière et d'un pluviomètre Association.

2.2. - Hydrométrie

a - Station 1

Cette station, située en amont d'une chute de plus de 10 mètres, contrôle un bassin-versant de 8,4 km². Un seuil naturel tient lieu de contrôle aval.

L'équipement de cette station comprend :

- 1 passerelle de jaugeage ;
- 1 échelle limnimétrique de 3 mètres ;
- 1 limnigraphe OTT type X/30 à retournement, échelle 1/5e et à enregistrement journalier.

b - Station 2

Cette station qui contrôle l'écoulement d'un bassin-versant de 12,4 km², est située au confluent de la crique Grégoire avec le Sinnamary.

Un radier en ciment armé a été construit pour canaliser l'écoulement ainsi que pour rehausser le seuil granitique naturel. Malgré ces précautions, le Sinnamary a remonté la crique en amont du saut lors des fortes crues.

La station est équipée de :

- a) - 1 échelle limnimétrique de 3 mètres ;
- 1 limnigraphe OTT XV, réduction 1/5e à enregistrement journalier (jusqu'en décembre 1971) ;
- 1 limnigraphe OTT X/30, à retournement, réduction 1/10e, enregistrement journalier à partir de décembre 1971.

Cette station a commencé à fonctionner en janvier 1968.

- b) - 1 limnigraphe OTT XV, réduction 1/5e, enregistrement journalier depuis décembre 1971, distant de 500 m de la station 2. Il permet de mesurer la variation de pente de l'écoulement lorsqu'il y a contrôle aval variable de la station 2 au cours des crues du Sinnamary.

c - Station 3

Cette station a été installée en avril 1970 ; elle se trouve à l'exutoire d'un bassin-versant élémentaire de 0,24 km².

Une fosse à sédiment a été construite pour recueillir les sédiments charriés par la crique. Les niveaux d'eau sont enregistrés dans cette fosse munie d'un déversoir triangulaire.

Cette station est équipée en outre de :

- 1 échelle limnimétrique de 1,50 mètre ;
- 1 limnigraphe OTT, type X/30, échelle 1/5e, à enregistrement journalier.

2.3 - Transports solides

L'étude des transports solides a porté sur :

- Les sédiments en suspension dans les cours d'eau.
- Les sédiments charriés dans son lit

qui constituent les effets principaux de l'érosion mécanique des eaux d'origine météorique sur les sols du bassin-versant BV3.

23.1 - Charriage

L'exutoire du bassin n°3 est équipé d'une fosse de 2 m³ dont la lame déversoir constitue la face aval (figure n°18). Dans cette fosse se déposent les sédiments charriés par la crique. Ceux-ci sont prélevés après chaque crue, ou tous les deux jours lors des étiages, pour les déterminations de leur poids sec et de leur granulométrie.

Lorsque le volume est trop important pour être analysé en totalité, la granulométrie, la densité et le rapport du poids sec au poids mouillé des échantillons prélevés dans la fosse permettent de connaître les caractéristiques de la totalité des sédiments charriés.

La courbe granulométrique de ces sédiments est obtenue à l'aide de 8 tamis pour les sédiments charriés en étiage, de 24 tamis pour les sédiments de crues.

23.2 - Sédiments en suspension

Il s'agit de connaître le poids de sédiments en suspension transporté par la crique. Connaissant les débits écoulés à la station n°3, il suffisait de déterminer leur concentration en sédiments pour obtenir les débits solides écoulés :

$$Q_s = Q_l \times C_s$$

Q_s = débit solide, en g/secondes.
 Q_l = débit liquide en m³/secondes.
 C_s = concentration, en mg/litre.

et le poids transporté P_s en Kg est donné par la relation :

$$P_s = \int_{t_1}^{t_2} Q_s \, dt$$

Les variations sont particulièrement importantes au cours des crues (C_s peut varier entre 10 et 300 mg/l), alors que les concentrations sont relativement constantes lors des étiages (2 à 5 milligrammes par litre de suspension).

Il a été considéré dans ces conditions qu'il suffisait de connaître les concentrations :

- tous les 2 jours, lors des étiages.
- à chaque variation de 5 cm, à l'échelle de lecture au cours d'une crue.

Les prélèvements effectués sont de 10 litres chacun. Un récipient de cette contenance est placé à la sortie du déversoir triangulaire

où le brassage des eaux est assez satisfaisant pour admettre que la concentration du prélèvement ainsi effectué est bien celle du débit à cet instant.

Ces dix litres sont versés dans une dame-jeane, avec 10 cm³ d'acide chlorhydrique pour la floculation des sédiments. Après 24 heures de décantation, 6 de ces 10 litres sont siphonnés ; au restant sont ajoutés 5 cm³ d'HCL. Un nouveau siphonnage, 24 h. après, permet d'obtenir 1 litre dans lequel se trouvent tous les sédiments en suspension dans les dix litres primitifs.

Ce litre est expédié au laboratoire du centre ORSTOM de Cayenne et passé sous vide sur une membrane à ultra filtration calibrée à 0,80 μ . Cette membrane est séchée et pesée. Le poids de sédiments obtenu, ramené aux dix litres de la solution mère, donne la concentration recherchée.

23.3 - Granulométrie des sédiments

233.1 - Sédiments charriés

Un échantillon de 100 g est prélevé sur les sédiments séchés et passés :

- sur 24 tamis lorsque les sédiments ont été charriés par une crue. Ces 24 tamis ont des calibres variant de 50 μ à 16 mm.
- sur 8 tamis (63, 100, 200, 500, 800, 2 000, 4 000 et 10 000 microns) pour les sédiments charriés en étiage afin de limiter le nombre des déterminations.

233.2 - Sédiments en suspension

La répartition granulométrique des sédiments en suspension a été cherchée en distinguant par l'analyse mécanique :

- la matière organique
- les argiles
- les limons fins
- les limons grossiers
- les sables fins
- les sables grossiers

Les poids de sédiments d'un prélèvement de 10 litres n'étant pas suffisant, l'analyse a été effectuée sur l'ensemble des sédiments prélevés lors d'une crue. On obtient ainsi des poids de dépôts variant de 1 à 20 g.

2.4 - La perméabilité des sols

Des mesures de perméabilité ont été effectuées sur le bassin versant de Grégoire soit sur échantillons remaniés, au laboratoire, soit sur le terrain avec les dispositifs suivants :

24.1 - Méthode MUNTZ

Le principe consiste en l'étude de la variation dans le temps du volume d'eau nécessaire pour maintenir constante la hauteur d'eau dans un cylindre de caractéristiques données enfoncé dans le sol.

L'appareil de MUNTZ sans anneau de garde a d'abord été utilisé. A la suite de la parution de l'article de J. COLOMBANI, J.P. LAMAGAT et J. THIEBAUX, 1972, des mesures comparatives de perméabilité furent effectuées entre l'appareil que J.L. THIAIS avait modifié, mais qui ne possédait pas d'anneau de garde, et celui que préconisent les auteurs cités plus haut. Les résultats obtenus démontrèrent que les coefficients de perméabilité calculés jusqu'alors étaient toujours surestimés.

24.2 - Méthode PORCHET

Parallèlement, des mesures entreprises avec un système à flotteur permettraient de connaître les variations de niveau d'eau dans trois trous creusés avec une tarière de rayon $R = 4$ cm.

Principe : si h_t est le niveau à l'instant t_R la pente $tg \alpha$ du segment de droite obtenu en coordonnées $\log (h_o - h_t + \frac{R}{\gamma})$, et $t - t_o + 10$ minutes, nous donne la valeur du coefficient de perméabilité K de l'horizon dans lequel ont été creusés les trous :

$$K = \frac{2,3 \, tg \alpha R}{2} ; \text{ il faut en effet 10 minutes environ pour que la vitesse de filtration se stabilise.}$$

2.5 - Les teneurs en eau du sol

- Méthode utilisée sur le bassin versant de Grégoire

Les mesures de teneur en humidité des sols ont toutes été effectuées par les hydrologues sur la toposéquence II du BV3 de Grégoire à 50 m en amont de la station n°3. Nous les avons réalisées périodiquement sur la toposéquence I et par ailleurs avons effectués un certain nombre d'observations sur l'ensemble du bassin versant.

Un prélèvement est réalisé à la tarière pour chaque tranche de sol de 10 cm jusqu'à 1 m, de 20 cm de 1 à 2 mètres. Cette opération est répétée trois fois. La teneur en humidité pondérale est déterminée au laboratoire de Cayenne sur les quelques 45 échantillons que comporte une série de prélèvements par profil. L'humidité volumique \bar{H}_v est obtenue en multipliant l'humidité pondérale moyenne \bar{W} par la densité apparente D_a de la tranche considérée :

$$H_v = \bar{W} \times D_a ; D_a \text{ ayant été obtenue par la méthode du cylindre (par les hydrologues) et par pesée de mottes imbibées de paraffine par nous-mêmes.}$$

A une série de prélèvements, on peut faire correspondre :

- un profil hydrique moyen, en coordonnées (\bar{W}, h) ou (\bar{H}_v, h)
- un stock d'eau S , en mm, contenue dans les deux premiers mètres.

La périodicité des prélèvements a été mensuelle sur deux ans. Elle a permis de se rendre compte des variations des profils hydriques, ainsi que des réserves en eau du sol.

CONCLUSION : PRESENTATION DE L'ETUDE

Les méthodes d'études utilisées sur le bassin versant de Grégoire vont nous permettre de caractériser minéralogiquement, géochimiquement et structuralement, divers types de toposéquences sur une couverture d'altération pédologique ferrallitique développée sur matériaux granito-gneissiques.

Avec les dispositifs de mesures des écoulements recueillis à l'échelle de la toposéquence (case ERLO) nous tenterons l'évaluation du bilan hydrique au cours de l'année sous une couverture forestière intouchée (ruissellement, drainage oblique, évapotranspiration potentielle, estimation du drainage vertical par différence), ainsi que l'approche de l'évaluation des matières solides ou solubles transportées dans les profils ou hors de ces derniers.

Les résultats quantitatifs et qualitatifs des écoulements obtenus au cours des campagnes 1974 et 1975 sur la parcelle ERLO (150 m²) seront reliés à ceux portant sur l'étude globale du bassin versant de Grégoire (12,4 km²).

Ces résultats sur le fonctionnement actuel seront comparés aux analyses réalisées lors de l'étude détaillée des toposéquences et plus particulièrement de celle située sur la colline où a été placée la case ERLO et au sommet de laquelle se trouve la station météorologique principale du bassin versant.

La roche mère est un granito-gneiss porphyroïde plus ou moins bien lité, riche en quartz et feldspaths (microcline), avec de la biotite en voie de chloritisation, et un peu de muscovite ; elle est fréquemment traversée par des filons de pegmatites, ce qui détermine une certaine hétérogénéité texturale et structurale des matériaux qui en dérivent, raison pour laquelle en partie ont été étudiées quatre toposéquences.

Tous les résultats seront confrontés entre eux pour tenter l'établissement des relations existant entre l'organisation des couvertures de sols et la dynamique actuelle, tant à l'échelle des toposéquences qu'à celle du bassin versant.

Les données obtenues vont nous permettre également de mieux saisir l'évolution actuelle de la couverture du sol et celle du modelé, en la comparant avec d'autres milieux, sur schistes en Guyane Française (BOULET, FRITSCH) ou dans d'autres régions tropicales humides, en particulier sur granite en Côte d'Ivoire (ROOSE).

DEUXIEME PARTIE

ANALYSE DES DEUX COUVERTURES PEDOLOGIQUES ETUDIEES ET DE LEUR COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE

CHAPITRE III

LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE A FORTE VARIATION LATERALE (TOPOSEQUENCE 1)

1 - LE MODELE (fig. 14)

La toposéquence I, d'une longueur totale de 192 mètres et de pente globale égale à 13 %, est située sur une colline en demi-orange qui présente un dénivelé de 24 mètres, du sommet au petit ruisseau affluent de la crique Grégoire.

Elle se subdivise en 5 segments topographiques plus ou moins distincts suivant les pentes qu'ils présentent et qui constituent des *unités morpho-pédologiques et morpho-dynamiques* différentes.

Ces unités topographiques à l'échelle du versant sont :

- Un sommet plan convexe de 48 mètres de longueur avec une pente douce et régulière de 5 %.

- Un haut de versant de 72 mètres de longueur, convexe, avec une pente moyenne de 18 %.

- Un bas de versant de 32 mètres de longueur, d'abord légèrement concave, puis légèrement convexe, avec une pente moyenne de 18 %.

- Un thalweg d'une longueur totale de 40 mètres constitué lui-même :

- + d'un *rebord* de 4 mètres de longueur, convexe, avec une pente de 25 % ;

- + d'un *bas-fond* de 36 mètres de longueur, formant un *replat* à pente douce et régulière de 2 %.

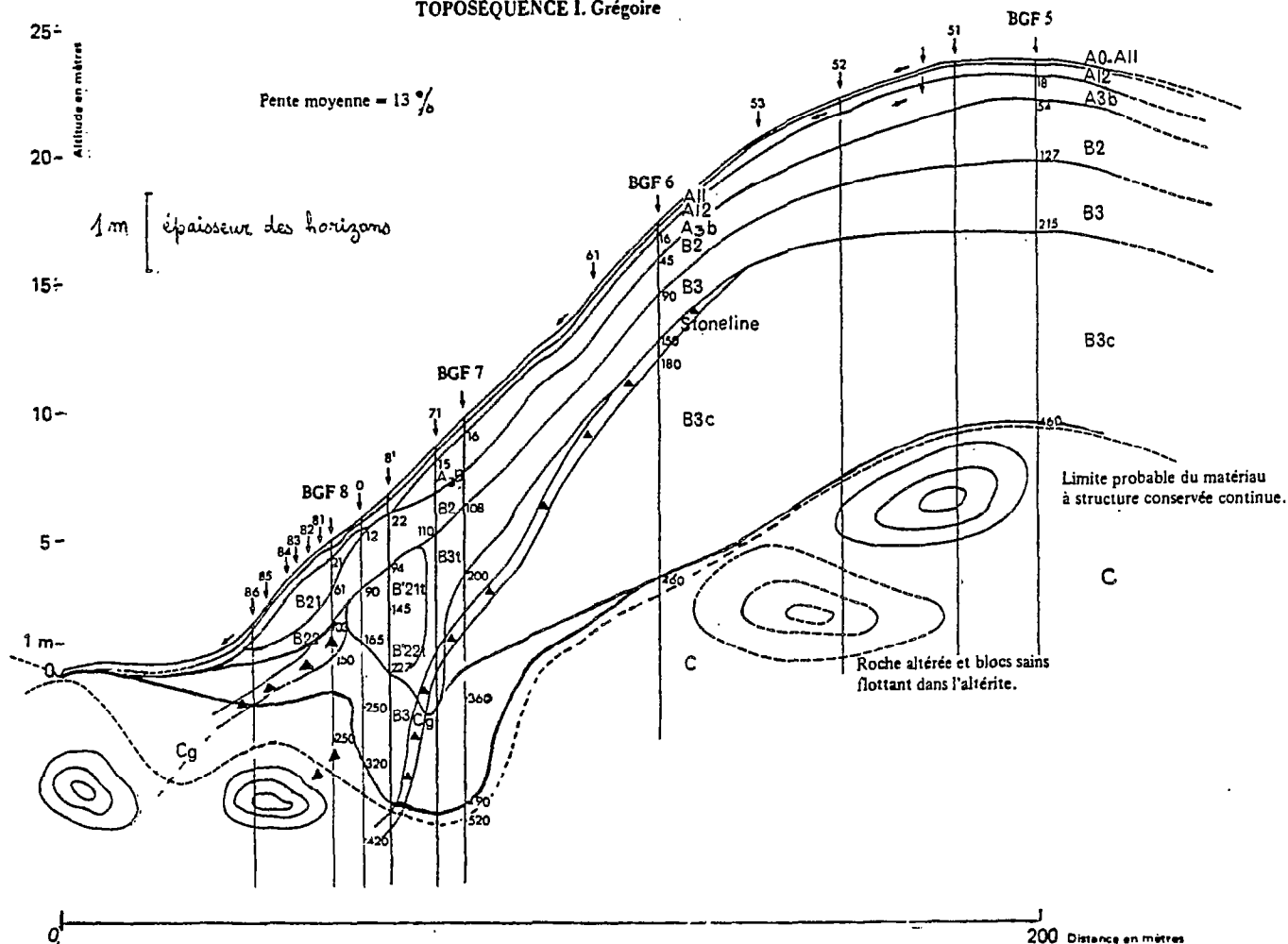
L'organisation en horizons de la couverture de sols établie à partir des observations par fosses et sondages est présentée dans la figure n°19.

Le profil BGF 5 caractérise la partie sommitale, le profil BGF 6 le haut de versant, le profil BGF 7 le 1/3 inférieur de versant, les profils BGF 8' et 0 le bas de versant (apparition d'un horizon argileux Bt), les profils BGF 8 jusqu'à 86 le raccord entre le bas de versant et le bas-fond.

Ces différentes parties seront caractérisées successivement et par différentes approches (observations directes sur le terrain, au microscope sur lames minces, analyses physiques et chimiques globales, profils hydriques, etc...).

Fig. 19 - ORGANISATION LATÉRALE DES HORIZONS PÉDOLOGIQUES

TOPOSEQUENCE I. Grégoire



2 - LE PROFIL SOMMITAL (BGF 5)

2.1. DESCRIPTION DES HORIZONS (fin de saison sèche, novembre)

- A₀₀/A₀ -1/0 cm.
Litière peu épaisse ; feuilles mortes et débris végétaux ; racines et radicelles.
- A₁₁/A₁₂ 0/18 cm.
Brun jaunâtre foncé (10YR4/4), humifère, sablo-argileux à sable grossier ; structure grumeleuse à tendance particulaire ; poreux ; meuble ; matière organique directement décelable ; perméable ; racines abondantes ; transition graduelle.
- A₃B 18/54 cm.
Brun rougeâtre foncé (7,5YR5/8) ; sablo-argileux à argilo-sableux ; structure polyédrique émoussée ; poreux ; racines fréquentes ; frais ; assez friable ; revêtements argileux ; apparemment perméable ; petits morceaux

de charbon de bois ; activité biologique forte ; homogène ; pas d'éléments grossiers ; transition graduelle.

- B₂ 54/127 cm.
Rouge (2,5YR4/8) ; argilo-sableux à sable grossier ; peu collant ; structure polyédrique subanguleuse en assemblage massif ; porosité intersticielle moyenne ; pores d'activité biologique et tubules ; quelques éléments grossiers, durs, quartz et feldspaths, peu nombreux, plus ou moins ferruginisés ; encore quelques racines ; transition distincte.
- B₃ 127/215 cm.
Rouge (2,5YR4/6) ; horizon plus dur (résonance au marteau) ; argilo-sableux à sablo-argileux à sable grossier ; structure polyédrique subanguleuse, peu nette, en assemblage massif ; compact ; porosité tubulaire ; ferme ; petits éléments d'arène à structure conservée, diamètre de l'ordre de 5 cm ; graviers et cailloux de quartz, friables ; petits blocs de feldspaths ferruginisés ; augmentation des éléments à structure conservée à la base de l'horizon ; c'est dans cet horizon que disparaissent les filons de pegmatites sous-jacents ; pas de racines ; transition graduelle.
- B₃C 215/460 cm.
Rouge (2,5YR4/6) ; nombreux îlots lithorelictuels à structure pétrographique conservée, d'environ 10 cm de diamètre ; abondance de filons subverticaux altérés, qui déterminent des alignements de petits blocs de feldspaths et de quartz blanchis de 2 à 10 cm de diamètre ; matrice sablo-argileuse à sable grossier ; structure polyédrique subanguleuse peu nette, en assemblage massif ; ferme ; compact ; pas de racines ; transition graduelle.
- C 460/? cm.
Matériau rouge (2,5YR4/6) à structure pétrographique conservée ; massif ; ferme ; compact ; "îlots" lithorelictuels de plus de 10 cm de diamètre très abondants, presque continus. Pas de racines ; quelques macopores, tubulaires.

Conclusion

On distingue donc de haut en bas :

- + Des horizons humifères (A₁₁-A₁₂) d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur.
- + Un horizon *appauvri* en argile A₃B, apparemment bien drainé, de 30 à 40 centimètres d'épaisseur.
- + Un horizon B *Oxique** d'environ 150 cm d'épaisseur, d'abord poreux et argilo-sableux (B₂) puis plus compact et plus sableux (B₃).
- + Un horizon B₃C, d'altération, à îlots relictuels de granite à structure pétrographique conservée ; cet horizon atteint 250 cm d'épaisseur approximativement.
- + Un horizon C d'altération du granite d'épaisseur non connue.

* N.B. : Horizon Oxique

Défini d'après la Soil Taxonomy. Pour être qualifié d'Oxique, un

horizon doit :

- avoir au moins 30 cm d'épaisseur ;
- avoir moins de 10 mé de bases échangeables pour 100 g d'argile dans la fraction fine du sol ;
- avoir une capacité d'échange inférieure ou égale à 16 mé pour 100 g d'argile ;
- posséder seulement des traces de silicates d'aluminium tels que les feldspaths, les micas et les ferromagnésiens ;
- avoir une texture sablo-limoneuse ou plus fine, et avoir au moins 15 % d'argile ;
- avoir à l'intérieur des sous-horizons (oxiques) des variations graduelles ou diffuses ;
- avoir moins de 5 % (en volume) de blocs de la roche altérée à structure pétrographique conservée.

2.2. CARACTERISATION DES HORIZONS EN LAMES MINCES

Horizon A₁₂ : (lam. BGF 0/5 cm)

Fig. 20 - Horizon humifère



Assemblage porphyrasquelique
à aggloméroplasmique

Quartz.

Plasma gris, humifère

" à plages jaune-grisâtres

" à plages claires.

Pore planaire, horizontal et
pore tubulaire.

Racine (section transversale)

Charbon de bois.

0,5 mm

Commentaire :

Le squelette est abondant (plus de 60 %), mais dispersé, formé de grains de quartz hétérométriques, émoussés, carriés, corrodés et fissurés, très altérés. Le plasma est gris, humifère, hétérogène avec des plages jaunes-grisâtres et des plages claires (deferrifiées ?). La porosité est faite de cavités irrégulières et interconnectées, et de pores tubulaires ; métavides et orthovides ; indices de tassement (pores planaires horizontaux). Les racines sont nombreuses et hétérométriques. La structure est peu développée (rares micropeds dans les plages jaunes).

Diagnostic :

Cet horizon associe un plasma organo-minéral (en inclusions), formé sur place, à des reliques d'horizon B oxique (plages jaunes). Le tassement peut

expliquer la porosité relativement réduite (pour un horizon humifère de sol forestier) et les plages décolorées. Mais ces indices de conditions réductrices ne semblent pas affecter le drainage, ni la structure d'ensemble (grumeleux).

Horizon A₃B : (lame BGF₅₂ 35/40 cm).

Fig. 21. Horizon de transition.

Assemblage porphyrosquelique



0,5 mm

- Quartz avec golfe de corrosion
- plasma grisâtre
- " à plages jaune-grisâtres
- petites plages jaune-ocre, anisotropes (extinction continue et roulante, ondulique). ségrégations d'hydroxydes

Commentaire :

Par rapport à la lame BGF₅₁, le squelette est relativement moins abondant (moins de 60 %) ; il est constitué de grains de quartz hétérométriques, émoussés ou anguleux, presque tous cariés, fissurés et le plus souvent ferritisés. Ces grains présentent des golfes de corrosion et des indices de dissolution sur les bords.

Le plasma grisâtre est encore humifère mais moins riche en inclusions de matière organique ; il présente en outre des petits volumes jaune-rougeâtres de ségrégations d'hydroxydes de fer. On observe également des petits agrégats de nature biologique à structure glomérulaire. Le plasma à plages jaune-grisâtres est décoloré, déferrifié. Dans l'ensemble, la matrice de cet horizon humifère se montre mal structurée par rapport à celle des sols ferrallitiques des régions tropicales humides généralement connus en Afrique (GAVAUD, 1978).

Diagnostic :

La macroporosité paraît importante, en accord avec les observations de terrain. Elle explique le bon drainage interne du sol à ce niveau. L'aspect superficiel des quartz témoigne d'une dissolution active.

Horizon B₂ : (lame BGF₅₆ 100/105 cm).

Fig. 22. Horizon B₂ oxisque brun-jaunâtre à rouge.

Assemblage porphyrosquelique



0,5 mm

- Quartz fissuré et corrodé
- plages de plasma rougeâtre à micropeds (250μ) argilasépique, quelques séparations plasmiques.
- porosité tubulaire
- modules ferrugineux, rouges.
- plasma jaunâtre

Commentaire :

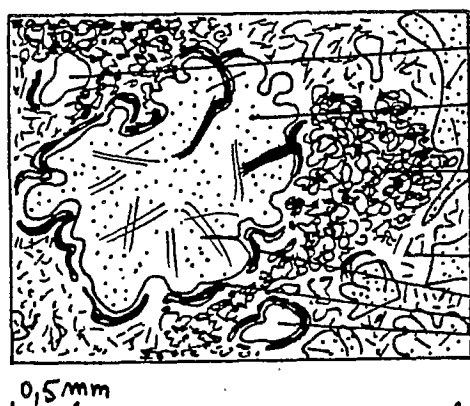
Le *squelette* est abondant et essentiellement constitué de grains de quartz, hétérométriques (certains d'entre eux étant supérieurs à 2 mm). Ces quartz semblent relativement moins fissurés et corrodés que dans les horizons supérieurs (formes plus anguleuses). Le *plasma* est rouge, organisé en micropeds (250 microns) ; quelques dépôts argilo-ferreux sont observés dans les fissures. On distingue aussi un plasma jaunâtre qui ressemble beaucoup à celui de la lame BGF₅₂ et qui semble dériver du plasma rouge. De petites taches rouges de ségrégations d'*hydroxydes* et quelques nodules sont également observés.

Diagnostic :

Cet horizon B oxique est relativement mieux structuré (micropeds plus abondants) que les horizons supérieurs. Il est poreux, la porosité étant essentiellement faite de macrocavités et de pores tubulaires qui doivent assurer un drainage vertical suffisant.

Horizon B₃ : (lame BGF₅₈ 145/150 cm)

Fig. 23. Horizon B₃ oxique rouge. Assemblage porphyrosquelique.



- pore tubulaire
- Quartz à surface externe fortement arrondie.
- plages rouges et rouge-jaunâtres de plasma, riche en micropeds.
- plages jaunâtres, deferrifiées, peu de micropeds, mal structurées.
- Ferriargilanes; néoferranes; rouge-rif en dépôts autour des quartz, en bordure des cavités et dans les fissures.

Commentaire :

Le *squelette* est essentiellement constitué de grains de quartz hétérométriques, qui semblent issus de gros blocs d'éléments à structure pétrographique conservée. Le *plasma* est constitué de plages rouges, argilo-ferrugineuses à structure fine (micropeds), et de plages jaunâtres à micropeds moins abondants, différenciés à partir du plasma rouge. Des cutanes d'illuviation (?) s'observent autour des quartz et des pores, y compris dans les fissures de quarts.

Diagnostic :

Cet horizon est le siège d'une *altération* de morceaux de granite (dissolution des feldspaths, libération des quartz) et d'une *microstructuration* en micropeds. Il est aussi le siège d'une *illuviation* d'argile et de fer (libérés des plasmas jaunâtres des horizons supérieurs). Sa compacité plus forte ne paraît pas faire obstacle au drainage vertical (pas de marques d'engorgement, sinon quelques plages décolorées). L'absence de racines est à relier à l'augmentation

brusque de cette compacité à la partie supérieure (limite distincte).

Horizon B₃C : (lame BGF₅₉₄ 253/258 cm).

Fig. 24. Horizon d'altération B₃C. Assemblage porphyroscopique
à tendance aggloméro-plasmique.



quartz fissurés et corrodés; petits grains anguleux.

Séparations plasmiques et fines fissures.

plasma : plages jaune-rougeâtres et jaunâtres; peu de micropeds.

métavides; vacuoles grossières.

petites taches rouges de sesquioxides.

Commentaire :

Le *squelette* est toujours constitué de quartz hétérométriques ; il montre toutefois des grains plus petits et plus anguleux que dans la lame précédente. Le *plasma* est mal structuré, surtout dans les plages orangées et jaunâtres ; il est plus finement divisé dans les plages rouges. Quelques fines fissures de contraintes se développent dans le plasma. De fréquentes petites taches rouges de *sesquioxides* constellent le plasma. La *porosité* est surtout faite de métavides (5 mm).

Diagnostic :

L'architecture de la roche est globalement conservée (alignements de minéraux) dans cet horizon qui ne se distingue du précédent que par la plus grande abondance de minéraux altérables. Les marques d'illuviation y sont moindres. Les ségrégations d'hydroxydes témoignent d'un ralentissement du drainage.

Conclusion :

Dans le profil BGF 5, l'architecture de la roche est globalement conservée jusqu'à 2 m sous la surface et on observe encore des minéraux altérables jusqu'à 0,5 m. Les lithoreliques ferruginisées se maintiennent aussi jusqu'à 0,5 m sous la surface, sans toutefois se concentrer en horizon grossier individualisé. Ce sol ferrallitique est donc peu épais, "pénévolué".

Les horizons B oxiques sont rouges, à structure fine (micropeds) de mieux en mieux exprimés de bas en haut (avec surstructure polyédrique sub-angulaire). La macroporosité augmente également de bas en haut. Aucun ralentissement du drainage n'a été constaté. Le sol du sommet de la colline s'apparente donc, par ses caractères d'organisation, aux sols à drainage vertical libre et profond. On peut relier ce comportement à l'épaisseur de l'horizon meuble (1,5 m), suffisante pour amortir les flux d'infiltration des averses.

Toutefois, l'horizon B₃ (125/215 cm) est plus massif, quoique moins argileux. Il présente à l'observation microscopique des signes d'illuviation (ferri-argilanes) ainsi que des plages jaunâtres déferrifiées. Les racines ne le pénètrent pas. Ce sont là des indices d'une évolution vers une différenciation verticale plus contrastée qui pourrait péjorer le drainage interne.

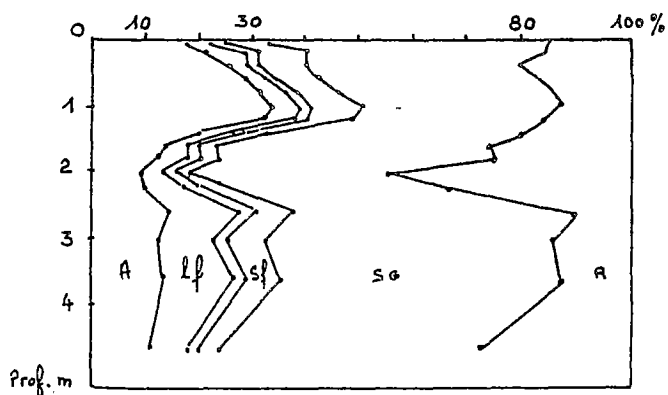
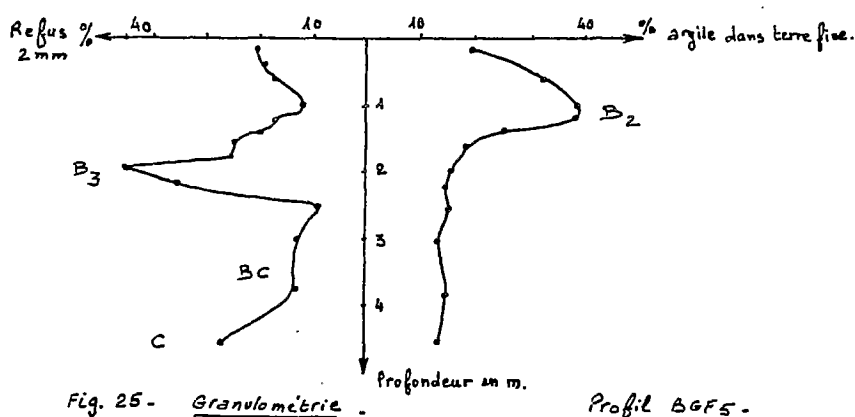
Dans les horizons A, les plages claires déferrifiées se généralisent, avec perte de structure (plasma struturolyse). L'association avec la matière organique détermine la formation d'un plasma gris.

Les résultats de mesures physiques et chimiques vont permettre de préciser la caractérisation des horizons à l'aide de données quantitatives.

2.3. CARACTERISATION PAR DES MESURES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

(voir tableau n°8 en annexe).

23.1. Granulométrie (figures n°25 et 26)



Commentaire :

Le *refus pondéral*, toujours supérieur à 10 %, présente un maximum de 27 % dans l'altérite, puis de 44 % à 2 mètres de profondeur. Il est composé de graviers de quarts (2 à 5 mm de diamètre) et de morceaux de roches ferruginisés. La taille des quartz du granite sain prélevé sur le bassin versant varie également entre 2 et 5 mm de diamètre.

La teneur en *argile* de la terre fine (fig. 25) qui est de 15 % environ dans l'altérite, croît rapidement jusqu'à 40 % vers 1 mètre de profondeur (horizon B₂), puis elle décroît en surface jusqu'à 20 %. *Rapportée au sol total* (fig. 26), l'augmentation est encore plus rapide (maximum de refus) et le "pic d'argile" est nettement dissymétrique.

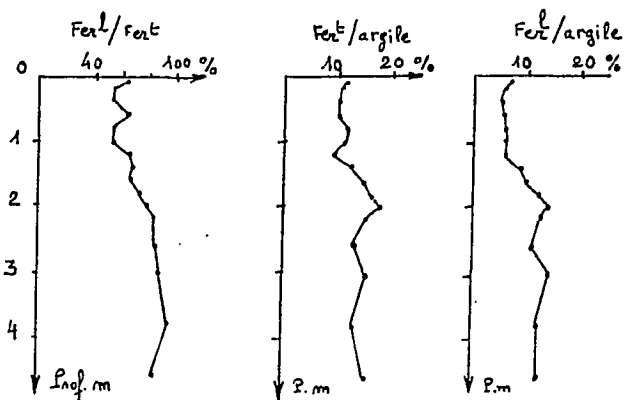
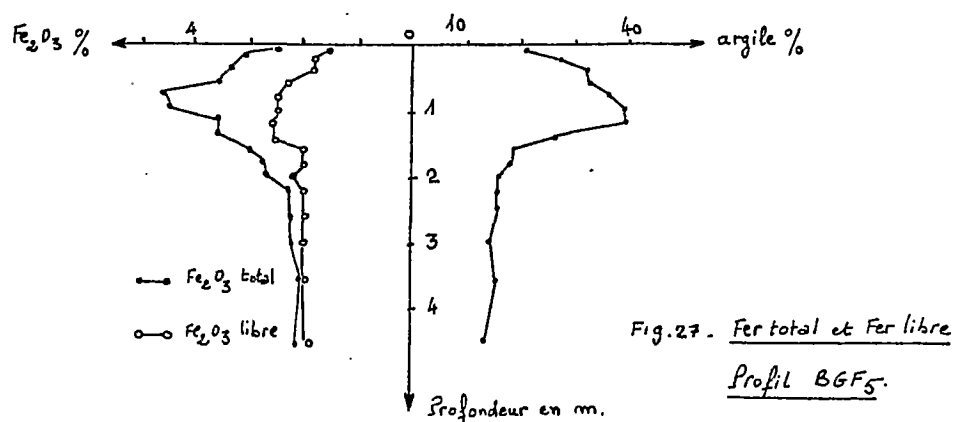
La teneur en *limon fin* de la terre fine qui varie entre 10 et 15 % dans les horizons B₃C et C, décroît jusqu'à 5 % dans les horizons B₂ et A. La teneur en *limon grossier* de la terre fine varie peu (2 à 3 %).

La teneur en *sables fins*, de 8 % dans l'altérite, décroît à 5 % en B₃ puis croît à 10 % environ dans les horizons supérieurs.

Le *sable grossier* est la fraction dominante avec 60-70 % dans les horizons C et B₃C, diminuant à 40-50 % dans les horizons B₂ et A (60 % dans l'horizon A₁).

Au total, la teneur élevée du squelette grossier (sables grossiers et graviers) s'accorde à la fois à la grosseur des quartz du granite et à la présence de morceaux de granite ferruginisé (voir description de l'horizon B₃) et de rares nodules mis en évidence dans les lames minces. La faible teneur en limons fins est un caractère habituel des sols ferrallitiques (altération). Le maximum d'argile à un mètre de profondeur est par contre un caractère remarquable par son ampleur et par sa décroissance inférieure rapide. Il est à relier à la présence de revêtement argileux (voir description de l'horizon B₂) et à la différenciation d'un plasma jaunâtre à partir du plasma oxisque rouge micro-structuré (voir description de la lame BGF 58).

23.2. Teneurs en fer (terre fine) (figures n°27 et 28)



Commentaire :

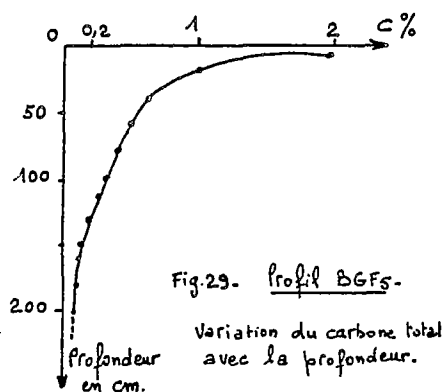
La teneur en fer total de la *terre fine* présente un maximum de 4,7 % qui coïncide approximativement avec le maximum d'argile. Il est de 2 % environ dans l'altérite.

Le rapport fer total/argile de même que celui du fer libre/argile montre que la répartition du fer est liée à celle de l'argile, tandis que le rapport fer libre/fer total montre plus de 70 % de fer libre.

23.3. Matière organique

La teneur en carbone décroît rapidement et très régulièrement à partir de la surface ; de 2 % dans la tranche de sol entre 0 et 10 cm à 1 % (tranche de 20 à 30 cm) jusqu'à 0,1 % à 2 mètres de profondeur (fig. 29).

La quantité de matière organique totale du sol ($C \times 1,724$) est supérieure à 3 % dans l'horizon humifère et chute à 1 % dès 40 cm de profondeur.



Ces teneurs et leur décroissance verticale sont habituelle en sols ferrallitiques ; les courbes présentent un profil convexe caractéristique des sols ferrallitiques lessivés (BOCQUIER, 1973).

Par contre, le rapport carbone/azote est exceptionnellement bas, autour de 10 dans l'horizon humifère de surface, il chute bien en-dessous de cette valeur avec la profondeur et cela très rapidement.

23.4. pH et cations

pH : Il est régulièrement inférieur à 5 et bien que variant peu verticalement dans le profil, a les valeurs les plus basses dans les horizons supérieurs les mieux pourvus en matière organique ; le pH varie de 4,4 à 4,8 dans l'ensemble du profil.

De tels pH montrent que, d'une part, la réduction du fer est largement favorisée dans un tel contexte et d'autre part que des complexes organo-ferriques ont la possibilité de se former et sont susceptibles de migrer dans un milieu si acide, tandis qu'ils précipiteraient si le pH approchait des valeurs correspondant au point isoélectrique.

23.5. Capacité d'échange et nature des argiles présentes

La *capacité d'échange* est liée à la quantité et à la nature des fractions argileuses et organiques présentes dans le sol.

Les analyses Roentgénographiques ont révélé la présence de kaolinite essentiellement ; de gibbsite en quantité importante ; de goethite et de traces d'hématite.

Des horizons A aux horizons B, la capacité d'échange décroît assez régulièrement de 3,6 à 1,7 mé, ceci en relation avec la diminution des teneurs en matière organique.

Les cations échangeables

Les valeurs des 4 cations dosés (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+) de l'ordre de 0,02 mé témoignent de l'extrême pauvreté chimique de ce sol et ne permettent pas de suivre une quelconque variation verticale de ces éléments.

Ces résultats rendent compte d'un milieu *extrêmement lixiviant* et de l'intense élimination des éléments biogènes.

La saturation en cations du complexe absorbant

Le taux de saturation est très bas dans tout le profil (régulièrement inférieur à 10). Les variations verticales ne sont pas significatives (faible taux de cations).

23.6. Le phosphore

La teneur en phosphore total est faible (de l'ordre de 0,1 %, et compte tenu du pH très acide et de la teneur notable en Fe_2O_3 , supérieure à 2 %, ces sols mis sous cultures seraient très vraisemblablement carencés.

23.7. Analyse totale

237.1. Variation du résidu total à l'attaque triacide

Les analyses totales ont été effectuées par attaque triacide avec analyse à $\text{FH}+\text{SO}_4\text{H}_2$ par P. PELLOUX. Les résultats concernant la fraction fine sont consignés dans les tableaux n°38 et 39 ; le tableau n°40 exprime les résultats des analyses effectuées sur le refus du tamis 2 mm (voir annexe).

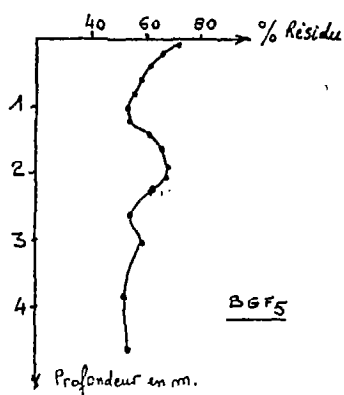


Fig.30- variation du résidu total à l'attaque triacide.

Le résidu total qui correspond au squelette résiduel de quartz et de feldspaths et qui est un indice du degré d'altération de la roche, varie verticalement dans le profil. La diminution verticale avec la profondeur n'est pas régulière et le profil de répartition du résidu total montre des horizons préférentiels d'altération et de dépôts, appauvris ou lessivés.

Ce sont en particulier les horizons supérieurs du profil du sommet de pente qui sont, de ce point de vue, intéressés (appauvrissement en fractions fines).

237.2. La silice, l'alumine et le fer solubles

Comme pour l'argile et le résidu total, une variation verticale des teneurs en silice, en alumine et en fer solubles au réactif triacide est également observée dans le profil (fig. n°31).

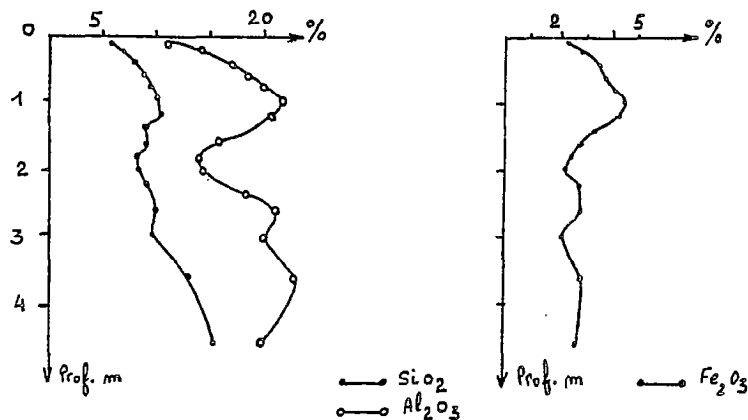


Fig. 31. Répartition de la silice, de l'alumine et du fer solubles au réactif triacide- B6F5-

Les profils de variation verticale de l'alumine, de la silice et du fer indiquent une répartition irrégulière de ces éléments dans le profil ; c'est plus particulièrement dans l'horizon B₂ (autour de 100 cm) que sont obtenues les concentrations les plus fortes en Al₂O₃. La silice soluble, bien que montrant une relative concentration dans ce dernier horizon, présente toutefois son taux maximum dans l'altérite (vers 4,60 m).

23.8. Densité apparente et porosité totale

Les porosités ont été réduites des mesures de densité apparentes réalisées sur mottes par la méthode à la paraffine et à l'eau :

$$P \% = 1 - \frac{d_a}{d_r} \text{ avec } d_r = 2,63.$$

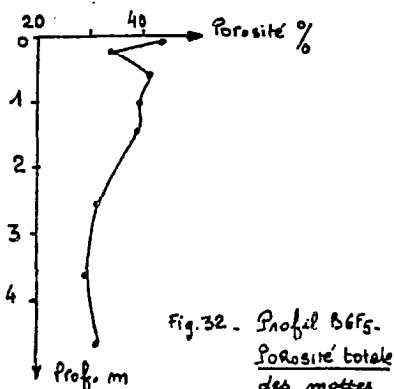


Fig. 32. Profil B6F5.
Porosité totale
des mottes.

Les résultats sont présentés dans le tableau n°41 en annexe.

Les mesures de densité apparente sont assez nombreuses et l'hétérogénéité des résultats obtenus suffisamment faible pour que nous puissions tracer la courbe de variation verticale de la porosité totale.

Cette courbe montre que la porosité totale est maximale dans l'horizon humifère de surface où elle atteint en moyenne 40 % ; cette valeur est toutefois relativement faible si on la compare aux résultats connus pour

certains sols ferrallitiques d'Afrique et plus particulièrement au Cameroun, HUMBEL, 1976.

On constate par la suite une diminution régulière assez sensible de la porosité, des horizons B oxiques, jusqu'aux horizons d'altération B₃C. Le minimum de porosité est observé vers 360 cm de profondeur (29 %) et semble en relation avec la richesse en sables grossiers et en éléments quartzeux (fig. n°25 et 32).

La diminution de la porosité en profondeur traduit donc une compacité relativement forte des horizons d'altération, dès une profondeur faible. Ce fait est confirmé par l'examen des lames minces.

2.4. CONCLUSION

L'examen morphologique (macro et micromorphologique) et les données analytiques du profil BGF 5 du sommet de pente permettent de caractériser ce sol par :

- Une *organisation verticale en horizons appauvris* en surface passant graduellement à des horizons plus argileux, plus compacts, à allure plus massive, quoique possédant une structure organisée en micropeds en particulier dans les B oxiques rouges.

- Une *dégradation de la structure* de bas en haut du profil par *plasmostructurolyse*. L'étude des lames minces a révélé que la genèse des plages de décoloration du plasma se fait très tôt dans le profil, dès les horizons de profondeur et que leur évolution est progressive vers les horizons de surface. Ce phénomène qui n'est que peu perçu (et globalement) lors de l'examen macroscopique, se traduit par une différenciation verticale à polarité ascendante et s'exerce aux dépens des horizons B oxiques rouges au départ relativement riches en micropeds.

- Une *variation verticale* des teneurs en fer de la fraction fine du sol ; le maximum de teneur en fer coïncidant avec le maximum d'argile.

- Une *très rapide diminution* de la teneur en matière organique avec la profondeur et un rapport C/N très bas.

- Un *pH très acide* (inférieur à 5) dans l'ensemble du profil favorisant la réduction du fer et la possibilité de migration de ce dernier sous forme de complexes et de chélates organo-ferriques.

- Une *capacité d'échange* basse, diminuant des horizons de surface vers la profondeur (chute du taux en matière organique) et dont la valeur croît relativement ensuite pour atteindre son maximum dans les horizons d'altération, en relation avec les teneurs en limons fins.

- Un *taux de saturation* extrêmement bas (inférieur à 10 %).

- Une *répartition irrégulière du résidu total* verticalement dans le profil qui indique que les horizons supérieurs sont des horizons de départ ; cette répartition est liée au départ des fines dans les compartiments apicaux du profil.

En conclusion, l'ensemble de tous ces caractères traduit globalement

un phénomène d'appauvrissement géochimique du sol du sommet de pente, principalement au niveau de ses horizons supérieurs.

2.5. CARACTERISTIQUES HYDRIQUES SAISONNIERES

Profils hydriques :

Les profils hydriques ont été établis mensuellement durant l'année 1975. La figure 33 présente les teneurs pondérales Hp et volumiques Hv à trois moments importants du cycle saisonnier : en avril (petite saison sèche), en juillet (période de précipitation maximale) et octobre (fin de saison sèche).

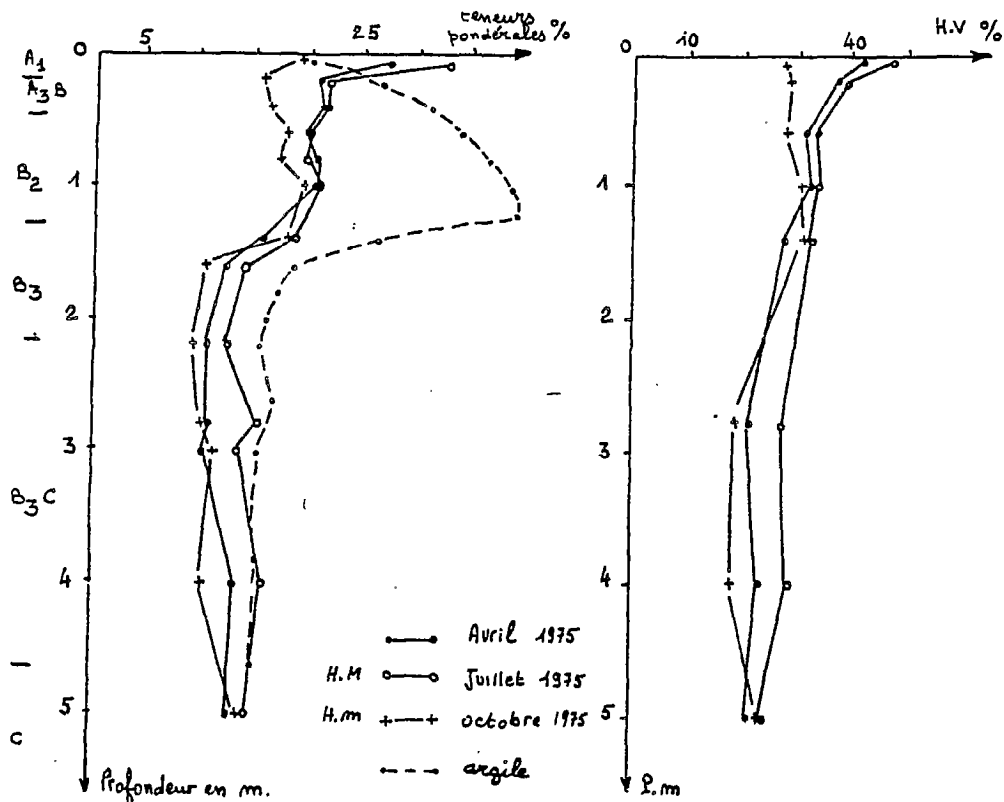


Fig. 33 - Profils Hydriques Saisonniers - Humidités pondérale H.P et volumique H.V. BGF₅

Commentaire :

Les variations saisonnières sont faibles, de l'ordre de 5 % (10 % en surface), mais les teneurs de saison pluvieuse sont toujours normalement supérieures à celles des saisons sèches. Par contre, les différences entre petite et grande saison sèche sont peu nettes, sauf dans le mètre supérieur, qui est plus sec en octobre (les teneurs d'avril sont proches de celles de juillet du fait de la petite saison sèche peu marquée -plus de 200 mm d'eau au mois de mars).

Les profils hydriques présentent aussi des irrégularités dues à l'hétérogénéité du sol : les mesures sont faites sur des prélèvements à la tarière, donc par une méthode destructrice qui impose de faire les mesures successives à des endroits différents (distants de quelques mètres). Les variations latérales du sol, notamment les ondulations des limites d'horizons, se combinent donc avec les variations saisonnières.

Les teneurs en eau ont été mesurées jusqu'à 5 m de profondeur et l'on constate qu'il n'y a plus de variation saisonnière à ce niveau. La variation saisonnière peut donc être estimée à partir des *profils hydriques volumiques* (320 mm entre juillet et octobre). Elle est notable en regard du stock d'eau retenue (sur 5 m de sol, environ 1520 mm en juillet), soit 20 % environ.

Le maximum de teneur en eau s'observe dans le 1,5 mètre supérieur qui correspond aux horizons argileux. La différence avec les horizons d'altération sous-jacents, plus sableux, s'atténue en expression volumique. En effet, les horizons argileux du solum sont plus poreux.

Pour connaître l'énergie de rétention de cette eau dans le sol, il faut comparer les teneurs en eau aux repères énergétiques qui sont portés sur la figure 34, et notamment au pF 4,2 et à la porosité totale (en relation avec la saturation).

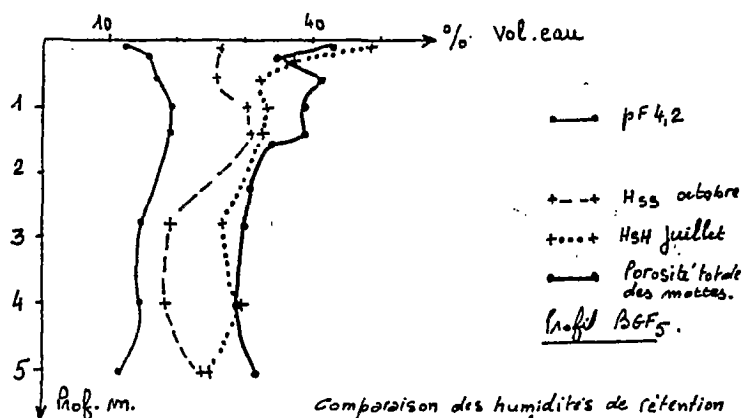


Fig. 34-

Comparaison des humidités de rétention et des humidités volumiques aux extrêmes saisonniers.

Commentaire :

Le pF 4,2 (mesuré sur échantillon tamisé) augmente dans les horizons argileux (0,5-2 m). Il n'est pas atteint, ni approché en octobre (saison sèche). Il est donc peu probable qu'il soit franchi au maximum de dessèchement en novembre. *Ce sol ne subit donc pas une dessiccation poussée.*

De même, la saturation n'est pas atteinte en saison des pluies, sinon tout en surface (le résultat supérieur à la porosité totale provient de l'hétérogénéité de l'horizon A₁). Les teneurs en eau de juillet sont cependant proches de la porosité totale mais il faut rappeler que celle-ci a été calculée à partir de densités apparentes obtenues sur des *mottes* et qu'elle ne représente pas la porosité globale de l'horizon, forcément plus élevée (comprenant les systèmes de porosité inter mottes et notamment les cavités biologiques). On peut donc en conclure que la saturation de l'horizon n'est pas atteinte, ménageant un réseau poral pour le drainage vertical de l'eau libre. Par contre les agrégats du sol sont pratiquement saturés et n'exercent pas de succion importante sur cette eau mue par la gravité.

Au total, ce sol est en saison des pluies au voisinage de la capacité au champ mais non saturé ce qui permet un certain drainage vertical, dépendant de la géométrie du réseau poral restant en air (largeur des pores et interconnexions), mais sans drainage latéral possible. *Ainsi la dynamique de l'eau dans le sol du sommet est essentiellement verticale et profonde, mis à part le ruissellement de surface.* Ce dernier dépend de l'organisation pelliculaire superficielle (non caractérisée dans cette étude) mais qui peut favoriser la saturation de l'horizon A₁.

superficielle (non caractérisée dans cette étude) mais qui peut favoriser la saturation de l'horizon A₁).

3 - LA COUVERTURE DES VERSANTS

3.1. LE SOL DU TIERS SUPERIEUR DE VERSANT (BGF 6)

31.1. Description des horizons

- A₀₀/A₀ -2/0 cm.
Litière de débris végétaux, de feuilles mortes, de racines et radicelles très nombreuses formant un tapis superficiel, riche en quartz grossiers (2 mm) interradicellaires.
- A₁₁-A₁₂ 0/16 cm.
Brun-jaunâtre (10YR5/6), humifère ; sablo-argileux à sable grossier ; structure grumeleuse moyennement développée ; activité biologique forte ; biopores abondants ; poreux ; racines, fines et moyennes très fréquentes ; perméable ; meuble ; transition distincte.
- A₃B 16/45 cm.
Jaune-brunâtre (10YR6/8) ; sablo-argileux à sable grossier ; structure polyédrique émoussée peu nette ; semi-rigide ; poreux ; porosité tubulaire ; peu massif ; moins perméable que l'horizon supérieur ; indices de lessivage ; racines, fines, moyennes et grandes fréquentes ; à tendances horizontales ; peu friable ; transition distincte.
ferruginisés ; transition graduelle.
- B₂ 45/90 cm.
Brun-jaunâtre (10YR5/8) ; argilo-sableux à sable grossier ; structure polyédrique subanguleuse nette ; assemblage massif ; peu compact ; ferme ; rares racines déviées horizontalement ; blocs à structure géologique conservée "flottant" dans la masse de l'horizon ; nodules ferrugineux avec formation de cortex, fréquents ; intrusions de quartz ferruginisés ; transition graduelle.
- B₃ 90/150 cm.
Brun-foncé (7,5YR5/8) ; argilo-sableux à sable grossier ; structure polyédrique subanguleuse en assemblage massif ; intrusions de quartz grossiers très fréquents ; blocs d'arène à structure géologique conservée, ferruginisés et constitués de quartz grossiers cimentés par un ciment ferrugineux rouge (2,5YR5/8) ; quelques taches blanchâtres de feldspaths altérés ; pas de racines ; peu poreux, porosité tubulaire ; transition nette, linéaire, grossièrement parallèle à la pente.
- Gr 150/200 cm.
Filon de quartz ; reliques isolées de quartz plus ou moins ferritisés, et de feldspaths plus ou moins altérés de 2 à 3 cm de diamètre ; filon de pegmatite ; transition progressive.
- B₃C 200/460 cm.
Rouge-clair (2,5YR5/8) ; sablo-argilo-limoneux à sable grossier ; structure polyédrique émoussée peu nette ; assez fragile ; placages et revêtements argileux dans les cavités de quartz ; lithoreliques à structure géologique conservée augmentant avec la profondeur ; peu poreux, porosité tubulaire principalement.

Conclusion :

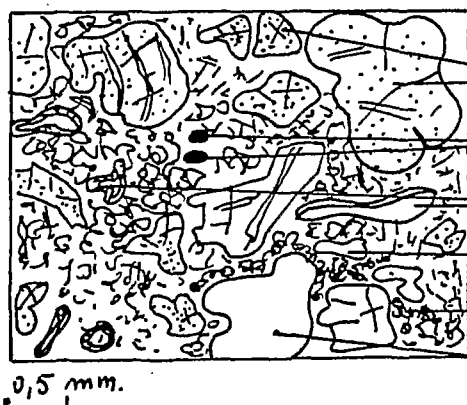
Ce profil présente de haut en bas la succession d'horizons suivants :

- Un horizon humifère noté A_{11} - A_{12} , d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur.
- Un horizon appauvri en argile A_3B , bien drainé d'une trentaine de centimètres d'épaisseur.
- Un horizon B oxique (cet horizon englobe les deux sous-horizons B_2 et B_3) atteignant environ 105 cm d'épaisseur.
- Un horizon B_3C à îlots lithorelictuels (granite) d'environ 280 cm d'épaisseur ; peu poreux.
- Un horizon C d'altération du soubassement granito-gneissique d'épaisseur non connue.

31.2. Caractérisation des horizons en lames minces

Horizon A_{12} : (lame BGF₆₁ 0/12 cm).

Fig. 35. Horizon humifère. A_{12} .



Assemblage porphyroscelique.

- Quartz corrodés, fissurés, hétérométriques
- grains d'hydroxydes.
- racines et galeries racinaires.
- porosité tubulaire
- plasma grisâtre, humifère.
- métavide (arrachement d'un quartz).

Commentaire :

Squelette : constitué de grains de quartz très abondants, hétérométriques altérés, fissurés, avec des indices de dissolution sur les bords. Dispersé. En assemblage porphyroscelique.

Plasma : humifère, grisâtre.

Structure : deux niveaux sont distingués :

- des agrégats contournés, limités par des vacuoles d'1 mm environ ;
- des agrégats dispersés (1/4 mm) d'ordre biologique ; rares micropeds.

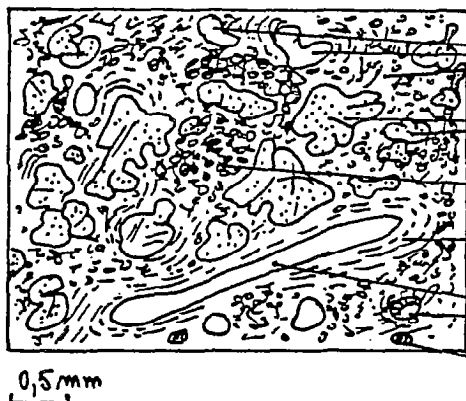
Diagnostic :

Cet horizon humifère montre une bonne incorporation de la matière organique ; il paraît dériver du B oxique sous-jacent (micropeds).

Horizon A₃B : (lame BGF₆₂ 34/46 cm).

Fig. 36. Horizon de transition.

Assemblage porphyrosquelique



- porosité tubulaire et ultrafine dans le plasma.
- Quartz arrondis, éclatés, fissurés, reliés par des pédoncles.
- plages de plasma jaunâtre
- plages plus claires, en paquets à tendance orientés,
- racine et galerie racinaire enrobés de ferriarégilane.
- petites taches d'hydroxydes.

Commentaire :

Par rapport à la lame BGF₆₁, le squelette en assemblage porphyrosquelique reste abondant (60 %) constitué de grains de quartz fissurés, corrodés, apparemment plus morcelés. Le plasma est moins gris et présente des plages plus claires, de même que des petits volumes jaune-rougeâtres de ségrégations d'hydroxydes.

Diagnostic :

Tout comme la lame BGF₆₁, la lame BGF₆₂ est caractéristique d'un horizon "lessivé" de sols ferrallitiques. Ce lessivage se remarque principalement par son rôle de dissolution, d'altération des quartz. Ces derniers sont hétérométriques (1 à 3 mm), subanguleux ou émoussés et présentent des formes très irrégulières ; ils sont tous fissurés et généralement corrodés sur les bords ; de nombreux petits quartz issus du morcellement des gros grains sont reliés entre eux par des pédoncles. Ils sont envahis par un plasma hétérogène à prédominance de plages claires. La structure est fine et peu exprimée ; des paquets de plasma sont légèrement orientés. La matière organique est bien représentée ; elle semble favorisée par le lessivage de ces horizons supérieurs et son incorporation au sein de l'horizon est relativement bonne.

Horizon B₂ : (lame BGF₆₃ 55/67 cm).

Cette lame représente un "îlot" rougeâtre lithorelictuel à structure géologique conservée, baignant dans un B oxiq brun-jaunâtre.

Fig. 37. Élément lithorelictuel dans le B oxiq brun jaunâtre
organisation interne.



- lithorelictique.
- quartz, fissurés.
- plasma "lisse", rose à rougeâtre, à tendance réorientée en bordure de la relique.
- plasma brun-jaunâtre ; peu de micropeds ; mal structurée ; déferifiée.
- pâte de quartz éclatés.
- racines.

Commentaire :

Que ce soit dans l'îlot lithorelictuel ou dans le B oxique au sein duquel il flotte, on assiste à une différenciation actuelle, tant dans le squelette que dans le plasma.

Squelette : dans le B oxique jaunâtre il est essentiellement quartzeux ; les grains sont hétérométriques, les gros quartz sont finement fissurés, se morcellent. Les fissures sont remplies de dépôts argilo-ferreux rougeâtres ; les petits quartz éclatés baignent dans le plasma jaunâtre. L'assemblage est porphyrosquelique.

Dans la lithorelique, le squelette est également essentiellement fait de quartz dont les plus gros atteignent 5 mm ; ils sont fortement fissurés, morcelés en une pâte de petits grains qui constellent le plasma. Il est intéressant de noter le *prolongement des quartz inclus dans la lithorelique* dans le plasma jaunâtre du B oxique qui l'entoure.

L'orientation, la forme et l'altération des quartz sont les mêmes dans la relique et dans le matériau jaunâtre du B oxique. L'assemblage est porphyrosquelique.

Plasma : dans le B oxique jaunâtre, il est en fait constitué de plages jaunâtres et de plages grisâtres à jaune-grisâtres (aspect délavé), déferrié. Il est poreux (pores fins), cette porosité ne présentant pas de forme bien régulière. Il est relativement mal structuré, les micropeds n'apparaissant que très localement. Il présente des indices de lessivage comme dans les lames précédentes (orientation, etc...).

Dans la lithorelique rougeâtre issue du matériau d'altération, le *plasma est lisse*, rose saumon à rougeâtre (B oxique rouge). Il est à tendance réorienté ; cela se remarque si on compare ce plasma à celui de la lame BGF⁶⁷ qui est mieux structuré, à micropeds et duquel il dérive. Il se produit donc une transformation actuelle au sein de la relique au cours de la différenciation des horizons.

Diagnostic :

Cet "îlot" lithorelictuel du matériau d'altération (B. Ox rouge) qui baigne dans un B. Ox jaunâtre lessivé, subit actuellement une transformation. Il y a déferrification du B. Ox rouge et deux cas sont observés :

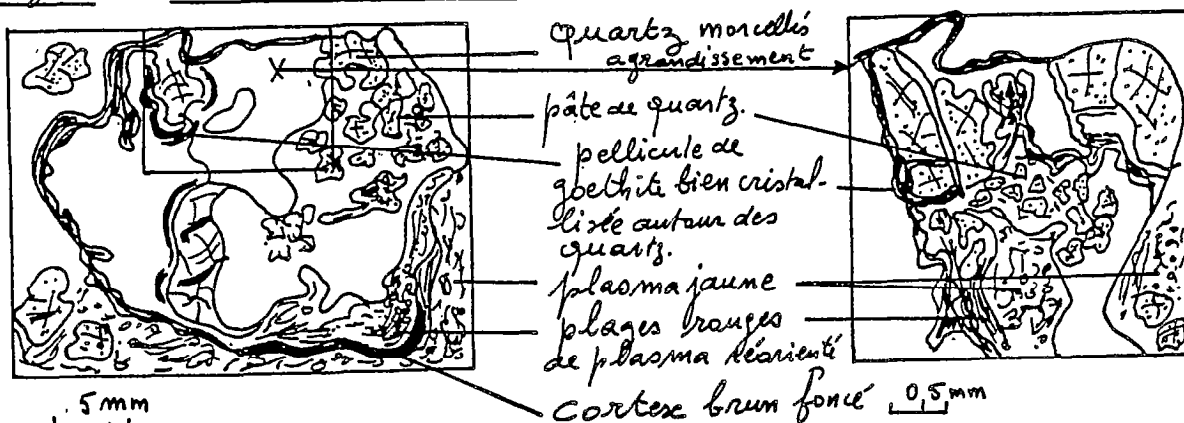
- a) une transition brève du rougeâtre vers le jaune *avec conservation de la microstructure* ;
- b) une transition extrêmement brutale rouge/jaune, et une nette tendance à la *fossilisation* des reliques qui se transforment en nodules (voir lame BGF 6 bis).

Lame BGF 6 bis :

("Ilot" résiduel -nodule- brun/rougeâtre, avec début de formation d'un cortex dans un B oxique jaunâtre. Formation d'une concrétion ferrugineuse).

Cette observation a été faite entre 43 et 48 cm dans l'horizon B₂.

Fig.38- Cortification d'un module.



Commentaire :

Squelette : dans le nodule, il est essentiellement quartzeux, hétérométrique, constitué de gros quartz (jusqu'à 5 mm), très fissurés et altérés, ferritisés et d'une pâte de petits quartz.

Dans le B. Oxyde jaunâtre, il est également quartzeux, fait de gros grains corrodés, subissant une dissolution, ainsi que d'une pâte de petits grains. L'assemblage est porphyroscelique tant dans le nodule que dans le matériau jaunâtre.

Plasma : dans le nodule, trois types de plasma sont nettement distingués :

- 1 - Plasma jaune-rougeâtre, d'aspect granuleux, correspondant à de la goethite mal cristallisée ; il est localisé aux vacuoles et autour des cavités.
- 2 - Plasma rouge, "lisse", digité, réorienté, correspondant à de la goethite relativement bien cristallisée.
- 3 - Plasma brun foncé à rouge très sombre, situé en bordure du nodule et constituant une cuticule ou un cortex bien différencié ; il est principalement constitué de goethite bien cristallisée, mais aussi d'hématite. Il est localisé à la périphérie des quartz, qui restent fissurés. Dans ces fissures on assiste également à des dépôts ferreux ; cette ferritisation tend à disjoindre les quartz.

Dans le B. Oxyde jaunâtre, le plasma est du même type que celui décrit dans la lame BGF⁶² ; il est légèrement orienté, jaunâtre avec des plages déferriées, plus claires, jaune délavé. Il est humifère, avec des cavités d'éluviation. Il est assez finement structuré mais sans forme particulière. La porosité est relativement fine.

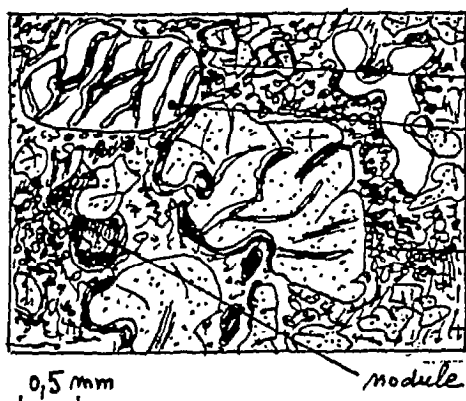
Diagnostic :

Dans cette lame, on assiste à la fossilisation actuelle d'un nodule par acquisition d'un cortex ; cette fossilisation se fait au sein d'un B oxyde jaunâtre lessivé. Le nodule, lui-même hérité du matériau d'altération C montre un contact très net avec le plasma du B jaunâtre ; ce dernier subit actuellement un lessivage qui tend à sa réorganisation microstructurale.

Horizon B₃ : (lame BGF 65 100/112 cm).

Fig.39. Horizon B₃ oxique rougeâtre

Assemblage porphyroscuelique.



Quartz fissurés, corrodés; dépôts de ferranes
relique du matériau à structure
concrète; module; ferranes et ferriargilans
brun-rougeâtres.
plasma rouge, à micropeds, assez
finement divisé.
plages jaune-rougeâtres moins riches
en micropeds.

Commentaire :

Squelette constitué de quartz (environ 40 %), hétérométrique (1,5 à 2 mm) ; apparemment moins abondant que dans les lames précédentes ; quartz fissurés, ferritisés, éclatés. Les fissures sont remplies de ferranes de couleurs variées (rouge, brun-rougeâtre, rouge-jaunâtre et jaunâtre).

Plasma jaune-rougeâtre, assez finement divisé, plus riche en micropeds ; agrégats de l'ordre de 0,5 mm ; poreux à porosité très fine dans les agrégats.

Diagnostic :

Horizon B oxique jaune-rougeâtre relativement mieux structuré, plus finement divisé en microagrégats que dans l'horizon supérieur.

Horizon B₃C : (lame BGF 67 210/215 cm).

Fig.40. Horizon B₃C d'altération.

Assemblage porphyroscuelique



muscovite ferritisée sur les bords.
Quartz et feldspaths ferritisés.
plasma rouge ; réorienté.
filaments et "boulettes"
plasma jaunâtre, peu divisé.

métavide

Commentaire :

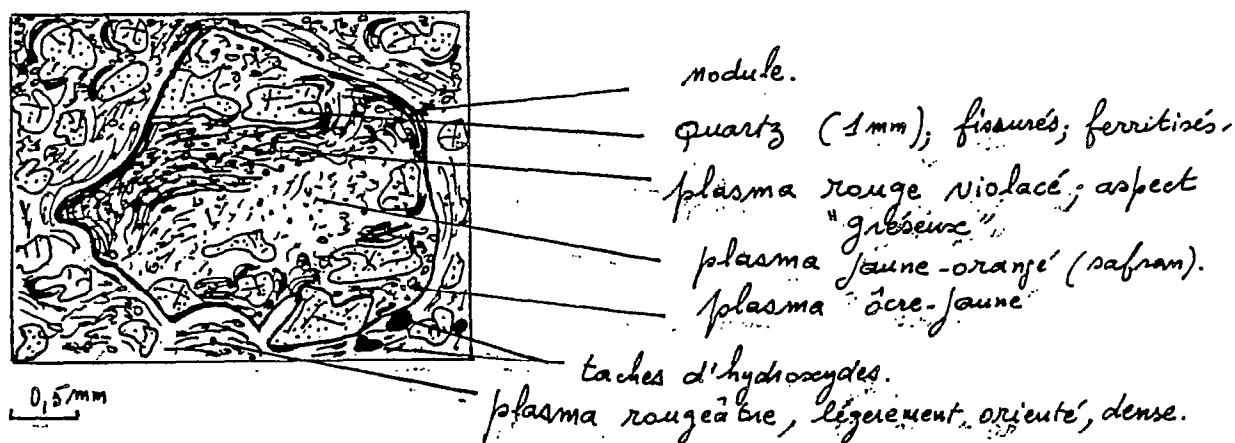
La lame BGF 67, qui correspond à la limite supérieure de l'horizon B₃C rouge clair montre que cette couleur est en réalité due à l'association de plages de plasma rouge et de plages de plasma jaunâtre, déferrié, peu divisé. Le squelette est essentiellement fait de quartz mais aussi de feldspaths altérés. Le plasma est constitué de l'association de plages rouges, très riches en hydroxydes sous forme de petites boulettes et de filaments plus ou moins allongés englobant les quartz ; ce plasma est à tendance réorienté ; et de plages jaunâtres parsemées également d'hydroxydes ; ce plasma, nettement déferrié par rapport au précédent, est peu divisé en agrégats, relativement dense, imprégné d'une pâte de quartz de l'ordre de 1/10 mm, peu poreux et compact.

Diagnostic :

Par rapport à l'horizon B₃ précédent, la lame BGF 57 montre des volumes de matériau d'altération à structure conservée, fortement imprégnés d'hydroxydes, dans un matériau rouge clair et le passage à un matériau jaunâtre, au cours de la déferritisation, ce dernier étant relativement moins structuré. L'examen de lames à des niveaux inférieurs de l'horizon B₃C (250-270 cm et 300-320 cm) rend compte d'un accroissement de la compacité verticalement de haut en bas dans le profil. Une pâte de petits quartz éclatés constelle le milieu. La porosité est réduite et l'horizon à ces niveaux apparaît très mal aéré.

Nodule ferrugineux dans le B₃C : (lame BGF 692 300/400 cm).

Fig. 41. Élément lithorelictuel (module) dans l'horizon B₃C.



Commentaire :

Dans le nodule, le *squelette* est exclusivement constitué de quartz (1 mm), fissurés, morcelés et ferritisés. Le *plasma*, qui constitue le matériau "rouge" du nodule, présente trois états de cristallinité :

- 1 - *Plasma jaune orangé* ou jaune safran ; il est constitué de kaolinite résiduelle (R.X.) après dissociation du complexe argile + goéthite hydratée au fur et à mesure de la perte en eau de la goéthite ; cela se remarque bien dans les cavités (métavides).
- 2 - *Plasma rouge-violacé*, d'aspect "gréseux". Il est constitué de goéthite bien cristallisée.
- 3 - *Plasma ocre jaune*, sous forme de résidus ; il est constitué de goéthite mal cristallisée, dans la partie supérieure du nodule.

Dans le B. oxique rouge clair, le *squelette* est fait de quartz fissurés, hétérométriques (1, 5 mm en moyenne), morcellés, formant une pâte de petits grains. Le *plasma* est homogène, dense, avec de peu de micropeds. Il est très peu poreux et a un aspect très compact. L'individualisation de sesquioxides (1/10 mm) qui imprègnent le plasma rougeâtre se fait principalement entre les quartz, dans les fissures, et en bordure de ces derniers.

Diagnostic :

Le nodule ferrugineux apparaît comme une relique du C dans le B. Ox

rouge. Ce nodule subit actuellement une transformation ; plusieurs degrés de cristallinité sont effectivement observés. Il semble qu'il y ait *fossilisation* de ce nodule par formation de goéthite bien cristallisée, principalement autour de ce dernier (ou dans les fissures). Le nodule a tendance à s'individualiser au sein du B. Ox rouge, peu poreux et compact.

Conclusion :

L'interprétation micromorphologique du profil BGF₆ rend compte de la différenciation géochimique et microstructurale verticale des horizons. Il y a juxtaposition de plages micromorphologiquement distinctes au sein des mêmes horizons. Par rapport au profil BGF₅ du sommet, la tendance à une *destruction* du B oxyde rouge par plasmotectonisation est plus nette, plus contrastée.

Les horizons de surface A₁₁₋₁₂, A₃B présentent des indices de *lessivage* (cavités d'éluviation, paquets de plasma orientés, golfes de corrosion des quartz...) tandis que l'horizon B₃C montre une nette tendance à l'accroissement de la compacité avec la profondeur ; la diminution corrélative de l'aération dans cet horizon est à relier à l'*apparition de nodules ferrugineux* hérités de la profondeur (reliques du C) ainsi que la formation de concrétions au sein d'un matériau colmaté, compact et peu poreux. Ces nodules ferrugineux sont de deux types principaux :

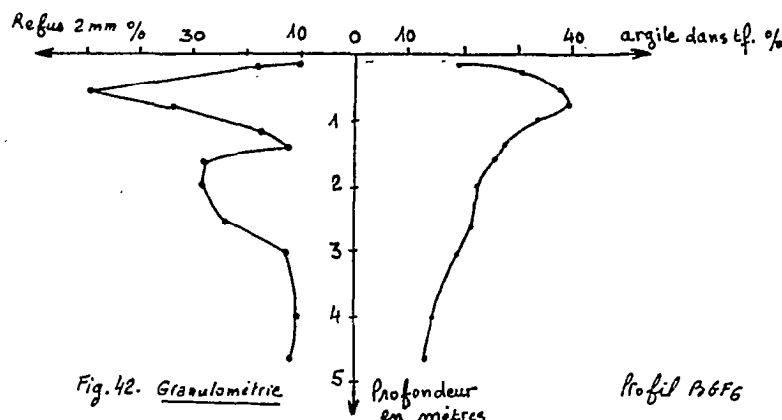
Les premiers et les plus fréquents sont constitués de grains de quartz cimentés, soudés entre eux et fossilisés par des dépôts de ferranes dont plusieurs stades dans le degré de cristallinité ont été décrits (lame 692) ; ces dépôts forment une cuticule ou un cortex lamellaire, individualisant et isolant, en d'autres termes *fossilisant* l'élément au sein du milieu dans lequel il baigne ; ces derniers nodules ont un aspect "gréseux" de constitution hétérogène ; ils sont à l'origine des concrétions ferrugineuses extrêmement fréquentes sur les formations granito-gneissiques et granitiques de Guyane et plus particulièrement ici de celles du bassin versant de Grégoire, BLANCANEUX, 1973.

Le second type de nodule est représenté par des dépôts de ferranes d'un rouge soutenu ; ces dépôts, bien cristallisés, donnent aux nodules qu'ils engendrent un *aspect lisse*, homogène, si on les compare à ceux du premier type.

31.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques

Les résultats analytiques sont présentés dans le tableau n°12 en annexe.

313.1. Granulométrie (figures n°42 et 43)



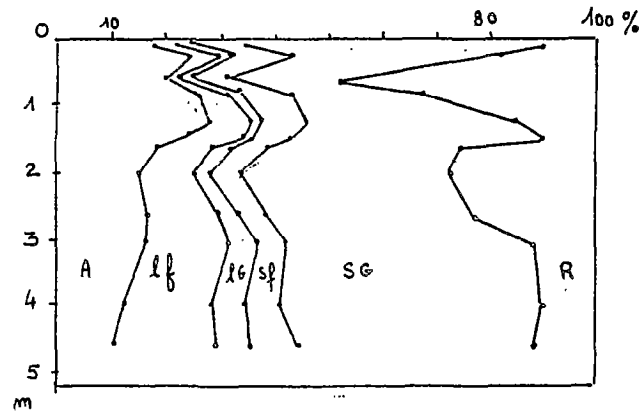


Fig. 43 - Composition pondérale du sol total
Profil BGF 6.

Commentaire :

Le *refus pondéral* reste toujours supérieur à 10 % ; il présente un maximum de 12 % dans l'altérite puis de 28 % à 200 cm de profondeur dans l'horizon gravillonnaire composé de graviers quartzeux et de morceaux de roches ferruginisées (2 à 3 cm de diamètre). Le refus atteint ensuite une valeur maximale entre 45 et 65 cm qui correspond à la présence de blocs à structure géologique conservée et aux concrétions et nodules ferrugineux (voir description du profil, horizon B₂).

La *teneur en argile* de la terre fine qui est de 15 % environ dans l'altérite, croît rapidement jusqu'à 40 % vers 80 cm (B₂), puis décroît ensuite dans les horizons de surface jusqu'à 20 % (A₁₂). Rapporté au *sol total*, cette augmentation est encore plus rapide et fait ressortir la dissymétrie du "pic d'argile", lié au maximum de refus.

La *teneur en limons fins* de la terre fine qui est de 17 à 20 % dans l'horizon B₃C (250-460 cm) décroît régulièrement jusqu'à 5 % dans l'horizon A ; elle n'est que de 8 % en B₂. La *teneur en limons grossiers*, de l'ordre de 7 % dans l'altérite diminue progressivement jusqu'à 1 % dans les horizons de surface.

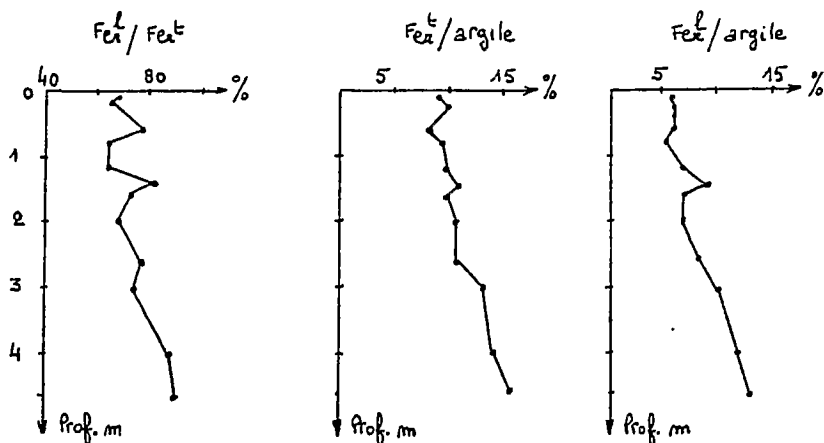
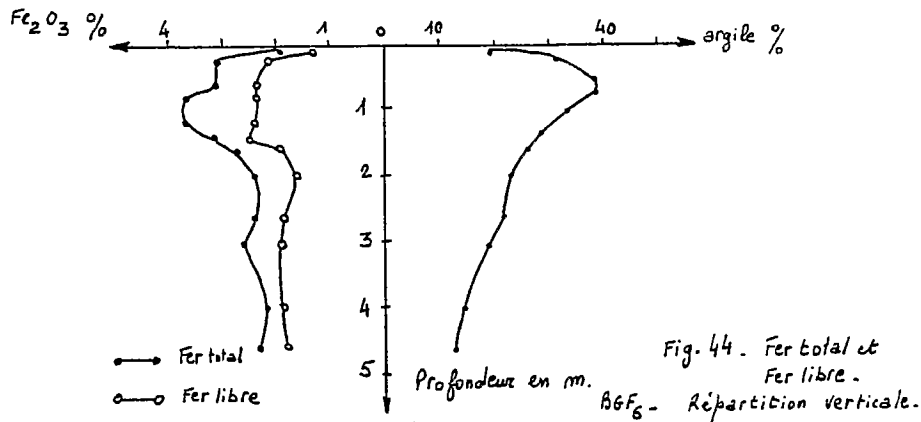
La *teneur en sables fins* varie peu ; de l'ordre de 10 % dans l'altérite, elle décroît ensuite en B₃ (6 %) pour remonter à 15 % dans les horizons supérieurs.

Le *sable grossier* reste la fraction dominante avec 50 % dans l'altérite ; cette teneur diminue jusqu'à 40 % en B₂ pour atteindre la valeur maximale de 60 % en A₁.

Au total, comme pour BGF 5, le profil BGF 6 montre une teneur élevée du squelette grossier (sables grossiers et graviers) qui s'accorde à la fois à la grosseur des quartz du granite et à la présence de morceaux de roches ferruginisés (voir description de B₃) et de nodules ferrugineux plus abondants à ce niveau de la séquence qu'au sommet de pente. Par rapport à BGF 5, on observe ici une diminution sensible (10 à 20%) des sables grossiers. La teneur en limons fins est relativement plus élevée, particulièrement dans les horizons de profondeur (B₃C) où elle atteint 20 % en BGF 6 contre 10 % en BGF 5. Le maximum d'*argile* entre 70 et 90 cm (40,5 %) reste également, comme pour le profil du sommet de pente, un caractère remarquable par son ampleur et sa décroissance inférieure, même si elle est moins rapide au niveau des horizons

B ; ce phénomène est à relier à la différenciation d'un plasma jaunâtre à partir du plasma du B oxyde rouge plus finement divisé en micropeds (lame BGF 66).

313.2. Teneurs en fer (terre fine)



Commentaire :

La teneur en fer total de la terre fine présente un maximum de 3,7 % qui coïncide avec le taux maximum en argile (40,5 %), entre 70 et 90 cm. Il n'est plus que de 2 % environ dans l'altérite (fig. 44).

Les rapports fer libre/fer total, fer total/argile et fer libre/argile (fig. 45) montrent des profils de répartition homogènes et tendent à confirmer les liaisons qui existent entre l'argile et ces deux éléments.

313.3. Matière organique

La teneur en carbone décroît très rapidement à partir de la surface : 1,7 % (tranche de sol de 0 à 10 cm) à 0,3 % à 80 cm de profondeur.

La quantité totale de matière organique du sol est de l'ordre de 3 % dans l'horizon humifère et décroît à moins de 1 % dès 40 cm de profondeur.

Ces teneurs et leur décroissance verticale restent habituellement aux sols ferrallitiques, mais comme pour le profil du sommet, on observe un rapport C/N exceptionnellement bas ; de 12 en A, il est inférieur à 10 dès 20 cm de profondeur.

313.4. pH et cations

Le pH reste compris entre 4,5 et 5,6 ; on note une légère augmentation à partir de la surface (4,6) jusqu'à 5,6 vers 200 cm de profondeur ; puis le pH retombe ensuite à 4,5 vers 460 cm.

La *capacité d'échange* décroît régulièrement de l'horizon humifère (4,10 me de 0 à 15 cm), à 1,2 me en B₂, pour remonter progressivement jusqu'à 8 me dans l'altérite ; cette augmentation, comme pour le profil du sommet de pente semble liée à une plus forte teneur en limons fins dans l'horizon BC (20 %).

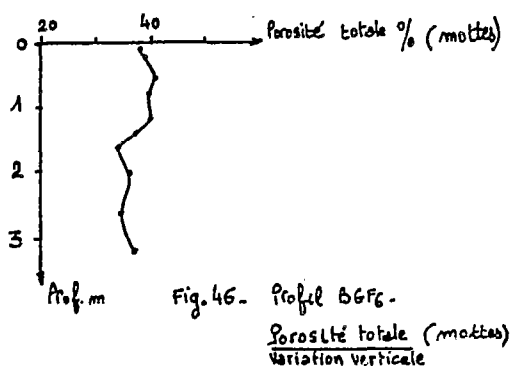
Les *cations échangeables* ont des valeurs extrêmement basses et ne sont parfois représentés qu'à l'état de traces.

La *saturation en bases* du complexe absorbant vu l'extrême pauvreté de ce sol en bases échangeables, ne présente que des valeurs peu significatives ; il serait aléatoire d'essayer d'y suivre une quelconque variation.

313.5. Nature minéralogique des argiles présentes

Tout comme pour le profil BGF 5, les analyses Roentgenographiques révèlent la présence de kaolinite comme argile largement prépondérante, de gibbsite en quantité importante, de goéthite et de traces d'hématite.

313.6. Densité apparente et porosité totale des mottes (figure n°46)



Le profil BGF 6 montre des valeurs de porosité sensiblement égales à celles de BGF 5 dans les horizons B oxiques, particulièrement entre 60 et 140 cm de profondeur. Au niveau du filon gravillo-naire par contre, la porosité est ici nettement inférieure à celle du profil du sommet de pente. Plus en profondeur, les valeurs de porosité en BGF 6 sont légèrement supérieures à celles de BGF 5, fait qui est à relier avec une teneur un peu plus forte en argile (14 % entre 450 et 460 cm en BGF 6 contre 8 % à cette même profondeur en BGF 5).

31.4. Conclusion

L'examen morphologique (macro et micromorphologique) et les données analytiques du profil BGF 6 du tiers supérieur de versant permettent de caractériser ce sol par :

- Une organisation verticale en horizons *appauvris* en surface, passant

assez rapidement à des horizons plus argileux, oxiques.

- Une *destructuration* du B. oxique rouge par plasmostructurolyse plus nette, plus contrastée que dans le sommet de pente.

- Une variation verticale des *teneurs en fer* de la fraction fine du sol ; le profil de répartition verticale de cet élément coïncide assez bien avec celui de l'argile. Par rapport au profil du sommet de pente, on note une légère augmentation de cette teneur dans les horizons B oxiques les plus riches en argile. Les profils de répartition du fer total et du fer libre (fig. 44) étant plus "renflés" au niveau de ces horizons, coïncidant avec une plus forte teneur en fraction fine du sol dans ce dernier profil.

- Une très rapide diminution de la teneur en *matière organique* avec la profondeur et un C/N très bas.

- Un pH très acide compris entre 4,5 et 5,6 , légèrement supérieur à celui du profil du sommet.

- Une *capacité d'échange* basse, diminuant progressivement de l'horizon humifère jusqu'aux horizons B oxiques pour augmenter par la suite au niveau des horizons d'altération dans lesquels elle atteint sa valeur maxima. Par rapport au profil du sommet de pente, on note ici une teneur relativement plus forte de la CEC qui est à relier à la granulométrie plus fine (argile + limons) du matériau dans les horizons en profondeur.

Le profil BGF 6 du 1/3 inférieur de versant se différencie donc globalement de BGF 5 par une distinction verticale relativement plus nette des horizons "appauvris" et lessivés des horizons de profondeur au sein desquels s'individualisent très tôt (fossilisation) des éléments lithorelictuels du matériau d'altération.

31.5. Caractéristiques hydriques saisonnières

Profils hydriques :

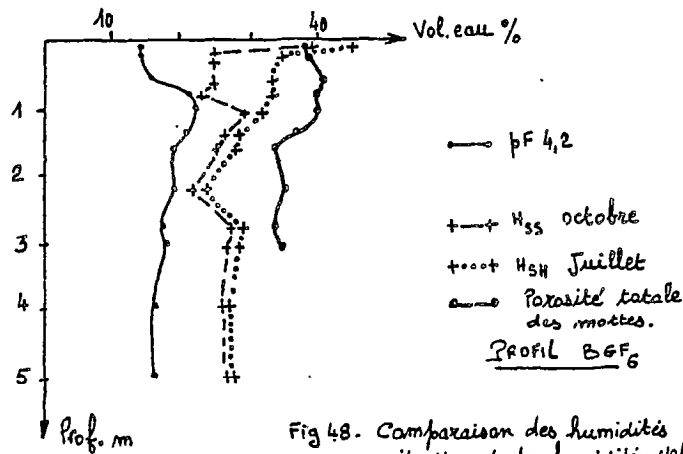
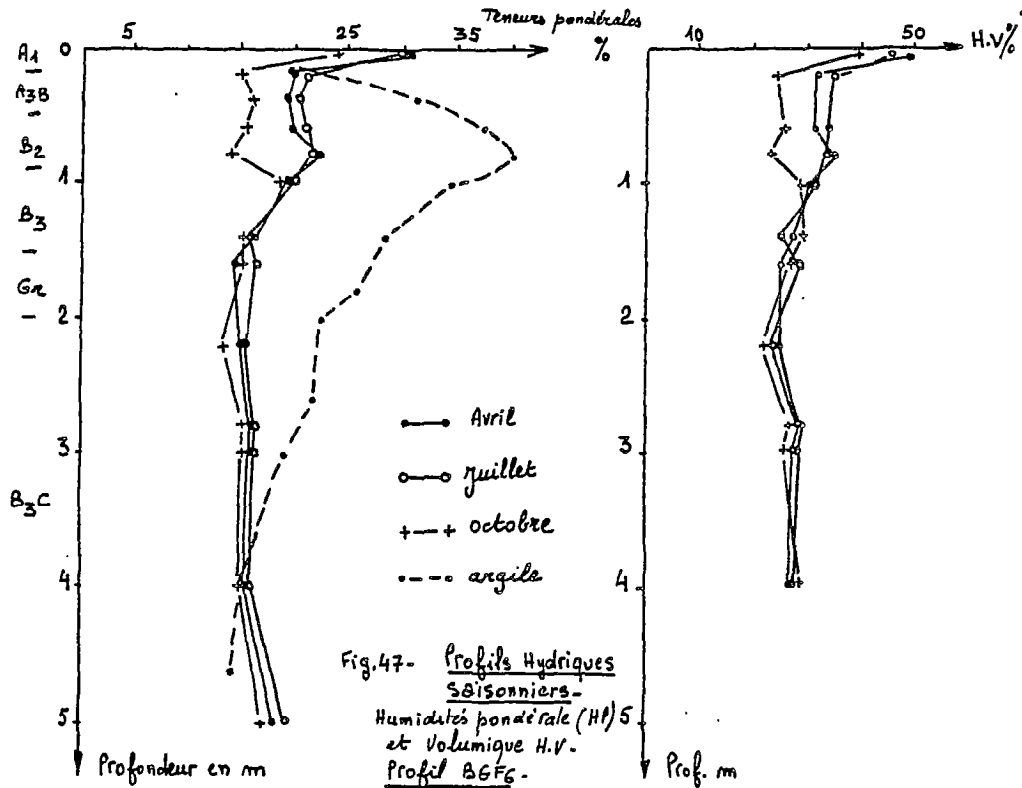
Ils ont été établis dans les mêmes conditions qu'en BGF 5 et sont présentés dans la figure 47, leur position par rapport aux repères énergétiques dans la figure 48.

Commentaire :

Au-dessous de 1 m de profondeur les variations saisonnières sont minimales, moins de 2 %. Les teneurs en eau y sont un peu supérieures à celles de BGF 5 (texture plus argileuse). Le pF 4,2 n'est pas approché ni la porosité totale (des mottes). Cette partie du sol paraît donc être toute l'année au voisinage de la capacité au champ. Une telle situation suppose une alimentation en eau excédentaire par rapport au profil BGF 5 qui se dessèche profondément (5 m) en saison sèche. Cet excès d'eau pourrait provenir d'un écoulement latéral subsuperficiel, mais celui-ci n'a pas été observé à la saison de description (fin de saison sèche).

Dans la tranche 0-1 m, comme en BGF 5 la variation saisonnière atteint 5 % entre juillet et octobre et elle est à peine marquée entre avril et juillet. Elle représente environ 120 mm en lame d'eau équivalente, soit environ 15 % du

stock de la tranche 0-5 m. Le pF 4,2 n'est jamais approché. La saturation (des mottes) est atteinte tout en surface dans l'horizon A₁ (averse peu avant la mesure de saison sèche).



En conclusion, ce profil paraît être le siège d'un drainage vertical profond et de longue durée, alimenté par un écoulement latéral subsuperficiel en provenance de l'amont. Cet apport compensant en partie les pertes par évapotranspiration, ce qui expliquerait que la variation saisonnière d'humidité ne se manifeste que jusqu'à 1 m de profondeur (au lieu de 5 m en BGF 5 !). Cette discontinuité dans le comportement hydrique du profil correspond au maximum de teneur en argile.

3.2. LE SOL DU 1/3 INFERIEUR DE VERSANT (BGF 7)

32.1. Description des horizons

- A₀₀/A₀ -2/0 cm.
Litière de feuilles mortes et de débris végétaux. Racines et radicelles dégagées par le ruissellement ; petits quartz lavés, inter-radicellaires. Activité biologique très forte.
- A₁₁ 0/10 cm.
Brun-jaunâtre (10YR5/8), sablo-argileux à sable grossier ; structure grumelleuse bien développée ; activité biologique forte ; poreux ; perméable ; racines, fines, moyennes et grosses très fréquentes ; meuble ; transition diffuse.
- A₁₂ 10/16 cm.
Jaune (10YR7/8) ; sablo-argileux à sable grossier ; structure polyédrique émousée assez fragile ; poreux ; perméable ; trous et galeries racinaires ; pores d'activité biologique ; meuble ; peu collant ; racines moyennes nombreuses, à tendance horizontale ; transition graduelle.
- A₃B 16/71 cm.
Jaune-rougeâtre (10YR7/8) ; sablo-argileux à argilo-sableux à sable grossier ; structure polyédrique émousée peu nette ; assemblage peu massif ; peu collant ; friable ; quartz grossiers ; peu poreux, porosité tubulaire principalement ; moins perméable ; quelques racines horizontales ; halos glébulaires et taches jaunâtres d'individualisation des sesquioxides de fer ; transition distincte.
- B₂ gr 71/108 cm.
Brun foncé (7,5YR5/8) ; argileux à argilo-limoneux ; quartz fréquents, ferruginisés, friables ; structure polyédrique subanguleuse nette, grossière ; assemblage massif ; peu friable ; revêtement argileux très nombreux ; pas de racines ; peu poreux, porosité tubulaire principalement ; transition distincte.
- B₃ t 108/200 cm.
Jaune-rougeâtre (7,5YR7/8) devenant progressivement jaune-rougeâtre (7,5YR6/8) avec des taches rouges (2,5YR5/8) à limites diffuses nombreuses et blanchâtres de feldspaths altérés à la base de l'horizon ; argilo-limoneux à argileux ; quartz fréquents ; structure polyédrique subanguleuse très nette en assemblage massif ; compact ; ferme ; pas de racines ; imperméable ; quelques pores tubulaires ; transition graduelle.
- B₃C 200/320 cm.
Jaune-rougeâtre (5YR7/8) ; nombreuses taches rouges (2,5YR4/8), plus ou moins verticales, à limites nettes surtout en profondeur ; argilo-limono-sableux ; structure polyédrique subanguleuse en assemblage massif ; compact ; ferme ; collant ; revêtement argileux très nets ; pas de racines ; îlots relictuels à structure géologique conservée, à cortex plus rouge ; transition nette et rapide.
- B₃C_g 320/495 cm.
Jaune-rougeâtre (7,5YR7/6) ; nombreuses taches rouges (2,5YR4/8)

à limites nettes, peu dures ; sablo-argilo-limoneux ; quartz grossiers ; structure polyédrique subanguleuse nette ; assemblage massif ; compact ; très ferme ; peu poreux à non poreux ; transition distincte.

CG

495/520 cm.

Blanc (10YR8/2) avec des taches jaunes (10YR8/6), diffuses ; sablo-argilo-limoneux ; quartz friables ; taches jaune-rougeâtres d'oxydation (7,5YR7/6) assez fréquentes, friables ; pas de racines ; peu poreux à non poreux ; compact ; ferme ; imperméable.

Conclusion :

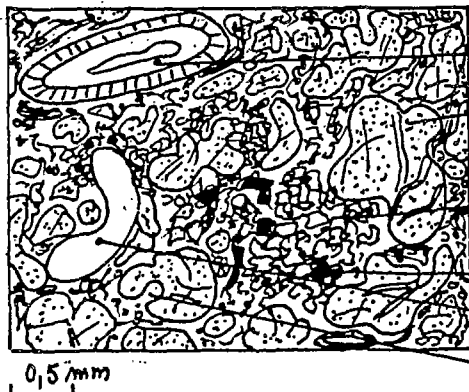
On distingue de haut en bas :

- Un horizon humifère (26 cm d'épaisseur) subdivisé en deux sous-horizons notés A_{11} et A_{12} , riches en matière organique, à structure bien développée par une forte activité biologique (fourmis).
- Un horizon appauvri en argile, noté A_3B , poreux (macroporosité tubulaire), bien drainé de 55 cm d'épaisseur.
- Un horizon B oxique de 130 cm d'épaisseur subdivisé en deux sous-horizons, B_{2gr} (40 cm) et B_{3t} (90 cm d'épaisseur). Ces deux sous-horizons présentent des revêtements argileux, sont compacts et fermes, sans racines.
- Un horizon B_3C avec apparition de taches de pseudo-gley de plus en plus abondantes avec la profondeur ; le matériau est compact, très ferme, très peu poreux, mal aéré (environ 300 cm d'épaisseur).
- Un horizon d'altération du matériau originel gelyifié, massif, ferme, très peu poreux, colmaté, imperméable. Son épaisseur n'est pas connue.

32.2. Caractérisation des horizons en lames minces

Horizons humifères A_{11} - A_{12} : (lame BGF₇₁ 0/12 cm)

Fig. 49 - Horizon humifère



Assemblage porphyroscellulaire

- racine
- quartz hétérométriques, arrondis, corrodés.
- plasma humifère; riche en inclusives de matière organique
- charbon de bois
- métavolcanite.
- golfes de corrosion

Commentaire :

Le squelette est abondant et constitue plus de 60 % du matériau. Il

est constitué de grains de quartz hétérométriques allant jusqu'à 2 mm, altérés, aux contours arrondis avec de fréquents golfes de corrosion qui sont des indices d'une dissolution actuelle.

Le *plasma*, argilo-humifère est hétérogène. Il est constitué de plages jaune-grisâtres et de plages grisâtres ; il est structuré en agrégats contournés (1/10 mm) limités par des vacuoles ; une microstructure plus fine, d'ordre biologique, peu exprimée est également observée.

La *porosité* est essentiellement faite de macropores, de galeries et de tubules d'ordre biologiques ; on note également de fines fissures dans le plasma.

Diagnostic :

Horizon humifère, riche en quartz avec une bonne incorporation de la matière organique ; les indices de *ruissellement hypodermique* avec dissolution des quartz plus ou moins déferritisés sont particulièrement remarquables.

Horizon A₃B : (lame BGF₇₂ 23/35 cm)

Fig. 50 - Horizon de transition

Assemblage porphyrosquelique



- quartz.
- racine
- plasma gris-jaunâtre, argilo-humifère à agrégats contournés.
- quelques séparations plasmiq.
- Vacuole grossière.
- module remonté par activité biologique
- grains d'hydroxydes. Hématite.

Commentaire :

Le *squelette* est abondant (50 %), constitué de grains de quartz hétérométriques, de formes irrégulières, fortement fissurés et corrodés sur les bords. Les quartz sont imprégnés de dépôts ferrugineux dans les fissures ; les gros grains se morcellent en petits quartz aux formes plus anguleuses que les gros quartz aux contours plus arrondis et dont ils dérivent.

Le *plasma* (50 %) est argilo-humifère, gris-jaunâtre à jaune-grisâtre plus ou moins déferrifié ; il est peu divisé en agrégats contournés (0,5 mm) et fissuré. On note également à ce niveau une structure plus fine, peu exprimée d'ordre biologique.

Des *nodules* rouges, reliques du C, fossilisés dans le matériau et remontés par activité biologique sont observés.

La porosité est constituée de macropores d'activité biologique, de galeries racinaires et de macro-tubules. On note des macropores alvéolaires

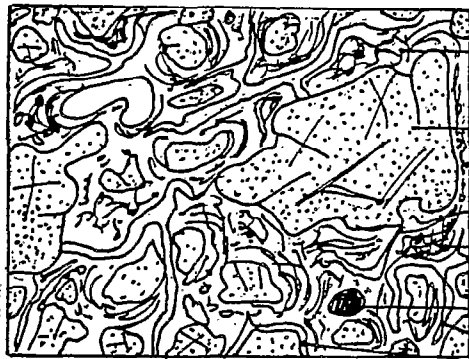
correspond vraisemblablement à la dissolution des quartz. De fines fissures (microfissures de contraintes) sont observées également dans le plasma.

Diagnostic :

Horizon éluvial, appauvri, caractérisé par un mouvement de matière qui se déduit de la dissolution actuelle du squelette.

Horizon B₂ : (lame BGF₇₄ 90/120 cm)

Fig. 51 - Horizon B₂ à fond matriciel jaune. Assemblage porphyrosquelique



0,5 mm

- plasma jaune à nombreuses séparations plasmiqes.
- quartz.
- placages argileux autour des quartz.
- plages jaunes, ônes.
- petits modules bien cristallisés.
- fissures

Commentaire :

Par rapport à la lame BGF₇₂, le squelette présente les mêmes caractéristiques, mais le plasma est moins divisé ; on observe des placages de plasma orienté dans les cavités et en bordure des quartz ; des fissures de contraintes sont également fréquemment observées.

Diagnostic :

Il s'agit d'un horizon B oxique dont le plasma est peu divisé, mal structuré, orienté ; le matériau est compact, saupoudré de quartz ferritisés.

Horizon B_{3t} : (lame BGF 76 168/180 cm)

Fig. 52 - Horizon B₃ oxique rouge-jaunâtre, illuvial



0,5 mm

module

- Assemblage porphyrosquelique
- néoferranes rouge vif en bordure des quartz et des sides.
- plasma : 3 types
 - rouge brun-violacé
 - jaune-rougeâtre
 - jaunâtre (goethite déshydratée)
- feuillets micacés à exsudation interlamellaires.

Commentaire :

Le *squelette* (40 % environ) est constitué de grains de quartz très fortement ferritisés, entourés de lamelles de ferranes et de ferri-argilanes. Les grains sont corrodés, fissurés. L'assemblage du squelette est porphyro-squelique. Quelques feldspaths altérés, ferritisés sont également présents.

Le *plasma* est constitué de trois plages distinctes : *rouge-brun* (goethite bien cristallisée), en bordure des vacuoles ; *jaune-rougeâtre* lisse, à la périphérie des quartz ; jaunâtre plus ou moins pâle (goethite hydratée).

De petits *nodules* (hématite bien cristallisée) peu abondants sont observés.

De petits feuillets de micas (biotite) ferritisés, à exsudation interlamellaires, sont bien individualisés ; les dépôts de ferranes se font aux extrémités et entre les feuillets.

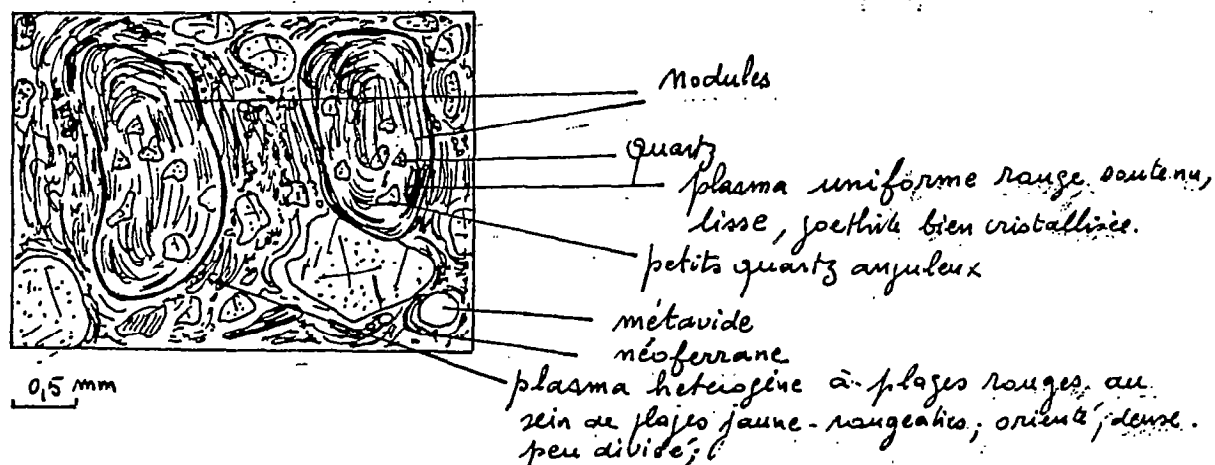
Diagnostic :

Cet horizon B oxique montre une diminution nette du squelette qui est envahit par un *plasma orienté* (plus de 60 % de plasma). Le squelette est par ailleurs très morcelé et se présente sous l'aspect d'une pâte de petits quartz hétérométriques (1/10 mm) souvent anguleux. Le plasma est relativement dense, très peu divisé, très peu structuré ; il est continu, orienté, constellé de petites taches d'hydroxydes plus ou moins biréfringentes, particulièrement localisées en bordure des fissures et des fentes de contraintes qui strient le plasma. L'ensemble du matériau a une allure très compacte ; il est colmaté, très peu poreux.

Horizon B₃C : (lame BGF₇₉₁ 300/305 cm)

Fig. 53. Horizon B₃C. d'altération.

Assemblage porphyrosquelique.



Commentaire :

Trois types d'éléments se distinguent dans cette lame : des *nodules* (3 à 5 mm) bien individualisés baignent dans un *matériau jaune-rougeâtre* au sein duquel se différencient des plages d'un *rouge soutenu* (5 mm).

Squelette : dans les *nodules rouges*, il est essentiellement constitué

de quartz, petits, anguleux, plus ou moins ferritisés.

Dans les matériaux jaune-rougeâtres et rouges, les quartz peuvent atteindre 2 mm ; ils sont altérés, fissurés, corrodés. Environ 50 % de quartz et 50 % de plasma.

De petites paillettes de micas (biotite) ferritisées (1/10 mm) sont observées.

Plasma : dans les *plages rouges*, le plasma, rouge, est *légèrement orienté* ; il est dense, peu divisé, de ferri-argilanes assez bien cristallisés. Il est imprégné d'une pâte de petits quartz.

Dans le matériau jaune-rougeâtre, le plasma est peu divisé, *fortement orienté*, peu poreux ; dense et compact ; il est également imprégné d'une pâte de petits quartz anguleux, fissurés et corrodés.

Dans les *nodules*, le plasma est uniforme, rouge soutenu, "lisse" (goethite bien cristallisée), constellé de petits quartz fossilisés dans ces derniers.

Diagnostic :

Il s'agit d'un matériau dense, orienté, compact et très peu poreux dans lequel s'individualisent des nodules. Les trois types de plasma rouge, jaune-rougeâtre et rouge soutenu (nodule) sont très peu divisés, très compacts. Les séparations plasmiques sont moins nombreuses et moins biréfringentes dans le matériau jaunâtre qui apparaît donc moins structuré ; il y a *perte de structure au cours de la différenciation plasmique*.

Conclusion :

Par rapport au profil du 1/3 supérieur de versant, l'étude micro-morphologique du profil BGF 7 rend compte de l'accentuation de la différenciation verticale de la microstructure des horizons. On assiste à *l'envahissement du squelette par un plasma de plus en plus orienté*. Les mouvements de matière sont directement décelables. Le plasma, fortement orienté est constitué de la juxtaposition de plages rouges, jaune-rougeâtres et jaunes plus ou moins pâle. D'une façon générale ces trois types de plasmas sont peu structurés. La différenciation plasmique rouge/jaune est plus accentuée que dans les profils de l'amont de la séquence. Cette observation est à relier à une forte variation verticale de la granulométrie et à un contraste structural plus net au niveau des horizons B oxydés.

32.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques

Les résultats analytiques du profil BGF₇ sont présentés en annexe dans le tableau n°14.

323.1. Granulométrie (figures n°54 et 55, page suivante)

Commentaire :

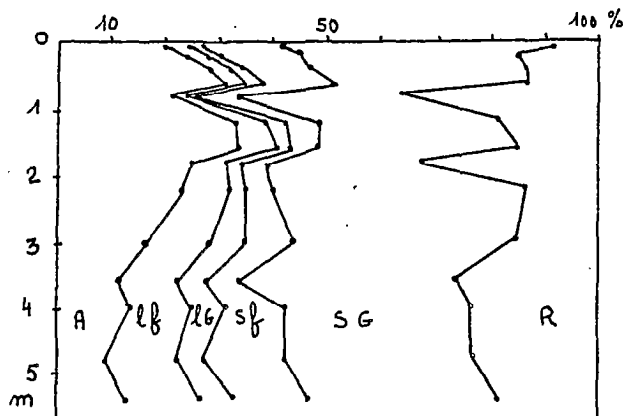
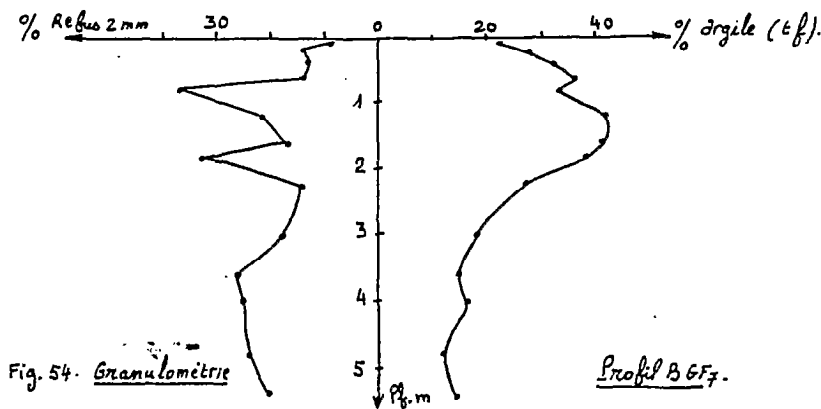
Le *refus pondéral*, toujours supérieur à 10 %, présente un maximum de 37 % qui correspond à des éléments grossiers de quartz ferruginisés ; il décroît ensuite jusqu'à 14 % dans l'horizon Bt (220 cm) pour atteindre 25 % environ dans l'altérite.

La *teneur en argile* de la terre fine qui est de 15 % environ dans l'altérite croît rapidement jusqu'à 40 % dès 160 cm de profondeur (Bt) puis décroît en surface jusqu'à 20 % environ.

La teneur en *limons fins* qui est de l'ordre de 15 à 20 % dans les horizons BC d'altération, décroît progressivement jusqu'à 5 % dans les horizons B₂ et A. La teneur en *limons grossiers* varie peu ; elle croît très légèrement avec la profondeur ; de 2 % dans les horizons A et B à 8 % environ dans l'altérite.

La teneur en *sables fins*, de 15 % dans l'altérite décroît ensuite à 6 % en B₂ pour atteindre 17 % dans les horizons A et A₃B supérieurs.

Le *sable grossier* est la fraction dominante avec plus de 50 % en surface, diminuant à 40 % en Bt pour rester autour de 50-55 % dans l'altérite.



Au total, comme pour les profils BGF 5 et 6, la teneur du sol en squelette grossier reste encore élevée ; elle s'accorde toujours à la fois à la grosseur des quartz du granite et à la présence de morceaux de roche ferruginisée et de nodules.

Par rapport au profil BGF₆ on note toutefois une augmentation sensible de la teneur en limons fins ; le profil de répartition de l'argile avec la profondeur montre un "ventre d'accumulation" net entre 70 et 200 cm ; le maximum d'argile vers 120 cm (43 %) est ici un caractère encore plus remarquable que dans les profils amont, par son ampleur et sa décroissance inférieure rapide. Il est à relier à la présence de nombreux revêtements argileux (voir description

de Bt) et à la différenciation plus accentuée d'un plasma jaunâtre à partir d'un B oxiqne rouge néanmoins relativement moins structuré que dans les profils de l'amont (BGF₅), voir description des lames BGF₇₆ et 791.

323.2. Teneurs en fer (terre fine) (figures n°56 et 57)

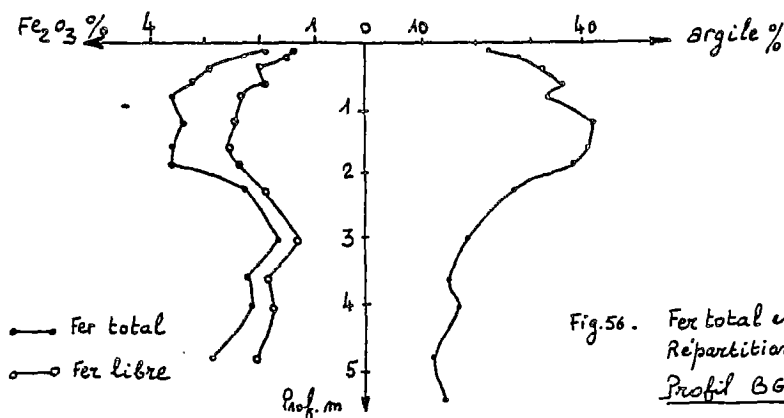


Fig. 56. Fer total et Fer libre
Répartition Verticale
Profil BGF₇.

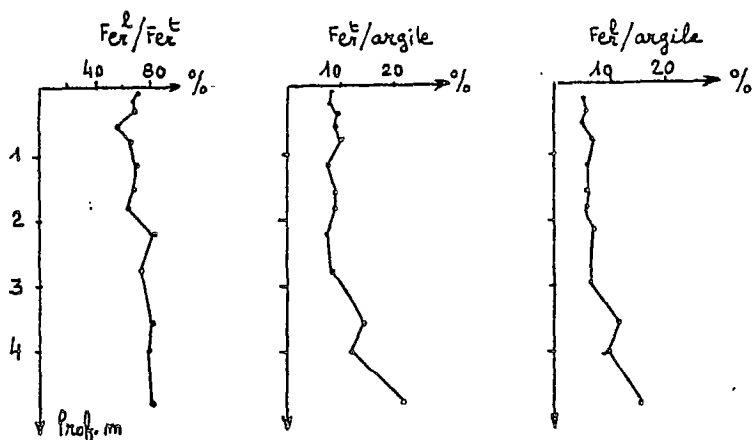


Fig. 57 - Rapports Fer libre/fer total; fer libre/argile
et fer total/argile en %. BGF₇

Commentaire :

La teneur en fer total de la terre fine présente des valeurs maximales de l'ordre de 3,6 % entre 80 et 200 cm de profondeur qui coïncident avec les taux maxima en argile. Cette valeur décroît très rapidement en-dessous de 2 m jusqu'à 1,6 %, pour croître très progressivement jusqu'à 2,7 % dans l'altérite.

La courbe de répartition du fer libre suit régulièrement le profil de répartition verticale du fer total avec un léger décalage au niveau des horizons argilliques.

Les teneurs en fer libre et en fer total par rapport à l'argile de la terre fine sont constantes au moins jusqu'à 4 m de profondeur. Ces rapports montrent que le fer libre (qui constitue 70 à 80 % du fer total) ne migre pas seul, mais bien en liaison avec l'argile.

323.3. Matière organique

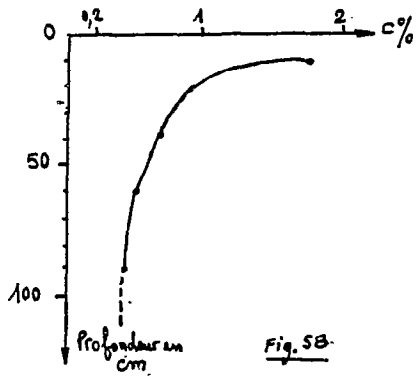


Fig. 58

Le profil de répartition de la teneur en carbone avec la profondeur est très ressemblant à celui des sols BGF 5 et 6.

La teneur en carbone décroît rapidement de la surface vers la profondeur.

La quantité de matière organique totale est de l'ordre de 3 % dans l'horizon humifère ; elle chute à moins de 1 % dès 40 cm de profondeur.

Le rapport C/N est, comme pour les sols de l'amont, extrêmement bas et inférieur à 10 dès 10 cm de profondeur.

323.4. pH et cations

Le pH inférieur à 5 dans l'horizon humifère (4,9) varie peu verticalement par la suite dans le profil (5 à 5,6).

La *capacité d'échange* décroît d'abord de l'horizon humifère (4 me de 0 à 10 cm) à 2,5 me (tranche de 40 à 60 cm) pour remonter ensuite jusqu'à 8,5 me, valeur maxima dans la tranche de sol entre 300 et 320 cm, en relation avec la plus haute teneur en éléments fins (0-20 microns) ; argile + limons fins totalisant 34,4 %.

Le *taux de saturation* est extrêmement bas (inférieur à 10 %) dès 10 cm de profondeur ; il varie de 2 à 6 % dans le profil ;

Les *cations échangeables* ont des valeurs très faibles (voir tableau 14 en annexe) et témoignent également d'un milieu extrêmement lixiviant.

323.5. Phosphore total

Compte tenu de la teneur notable du sol en Fe_2O_3 et du pH très acide du sol, la teneur en phosphore total (de 0,2 à 0,4 ‰) très faible laisse envisager des problèmes de carence en cet élément.

323.6. Densité apparente et porosité des mottes (voir tableau n°41)

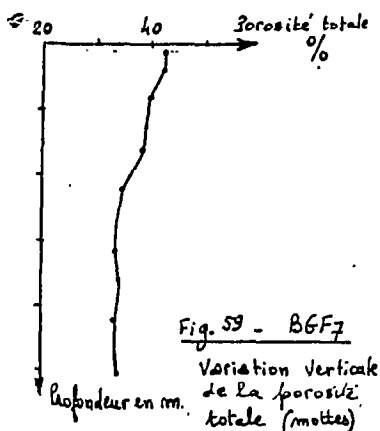


Fig. 59 - BGF7

Variation verticale de la porosité totale (mottes)

La porosité est maximale (42 %) dans l'horizon humifère ; elle décroît très progressivement avec la profondeur et varie peu à partir de 2 m où elle atteint la valeur moyenne de 35 %.

Cette courbe rend compte d'une très mauvaise aération des horizons d'altération B₃C, B₃Cg et CG, en accord avec les descriptions macro et micromorphologiques.

32.4. Conclusion

L'examen morphologique (macro et micromorphologique) et les données analytiques du profil BGF₇ du tiers inférieur de versant, permettent de caractériser ce sol par :

- Une organisation verticale en *horizons appauvris* et/ou lessivés en surface, passant rapidement à des horizons plus argileux, plus compacts, mal structurés, avec peu de micropeds, puis une altérite massive, très peu poreuse.
- Une *dégradation de la structure* qui joue de bas en haut dans le profil, plus accentuée que dans les profils de l'amont précédemment décrits. Il y a envahissement du squelette par un plasma de plus en plus orienté ; la différenciation plasmique rouge/jaune est plus nette et se fait très tôt, dès l'altérite, dans le profil.
- Une *variation verticale des teneurs en fer* (total et libre) de la fraction fine du sol. Les courbes de répartition des différentes formes du fer présentent ainsi que les rapports fer/argile mettent bien en évidence l'évolution parallèle de ces deux éléments : *la migration du fer est liée* à celle de l'argile ; les taux relatifs en fer par rapport à l'argile restant constants.
- Une très rapide diminution de la teneur en matière organique avec la profondeur et un C/N très bas.
- Un pH très acide qui varie peu dans le profil.
- Une *capacité d'échange* très basse dont la valeur semble liée à la répartition de la fraction fine (0-20 microns) du sol. Par rapport aux profils BGF₅ et BGF₆ on note en effet une légère augmentation de la CEC.
- Un *taux de saturation* extrêmement bas qui rend compte d'un milieu chimiquement très pauvre.

Globalement, le profil BGF 7 se différencie des sols précédents de l'amont par un contraste plus net, plus marqué des horizons qui le constituent tant au niveau de leurs caractéristiques morpho-structurales, qu'à celui de leurs propriétés physico-chimiques.

32.5. Caractéristiques hydriques saisonnières

En BGF 7 la variation saisonnière de teneur en eau est *faible*, inférieure à 5 %, mais elle se fait sentir jusque vers 3 m de profondeur. La discontinuité décrite en BGF 6 ne s'y observe pas. Les horizons humifères sont proches de la saturation, même en saison sèche (comme en BGF 6, à la différence de BGF 5). Les résultats de pF 4,2 à 1 et 2 m de profondeur sont légèrement supérieurs aux teneurs en eau de grande saison sèche : on note effectivement à ce niveau (voir description) des horizons plus secs. Cette tendance à une plus grande dessiccation se manifestait déjà à ce niveau en BGF 6 (à la différence de BGF 5). Ainsi, de l'amont vers l'aval, les profils hydriques verticaux présentent à la fois une réduction d'épaisseur de la tranche de sol concernée par la variation saisonnière d'humidité, une plus grande teneur en eau des horizons profonds et une dessiccation plus poussée des horizons médians, argileux. Le *contraste vertical* de l'état énergétique de l'eau retenue s'accroît donc d'amont en aval du versant avec successivement de haut en bas :

- des horizons humifères subsaturés ;
- des horizons argileux à dessication assez poussée en saison sèche ;
- des horizons d'altération proches de la capacité au champ toute l'année.

Au total, mise à part la dessication de la partie médiane du profil en saison sèche, les profils du versant sont le siège de circulation d'eau plus importantes en durée que le profil du sommet. Une partie de l'eau reçue en amont se redistribue donc sur le versant sous forme de flux latéraux superficiels ou subsuperficiels.

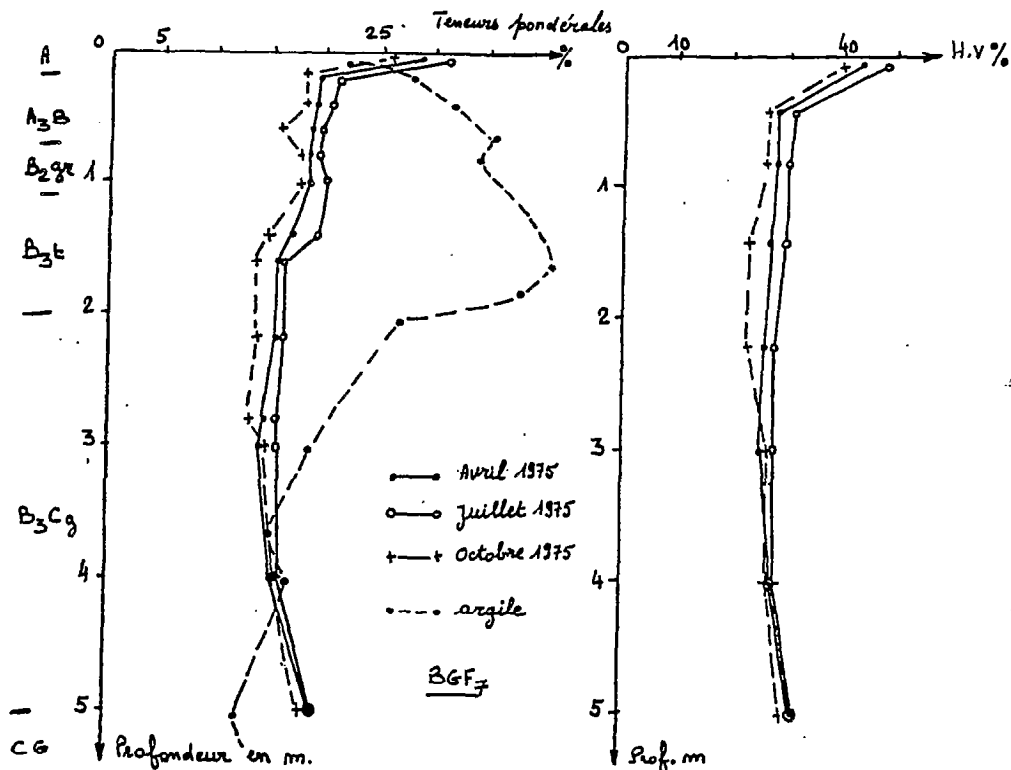


Fig. 60. Profils hydriques saisonniers. Humidités pondérale et volumique.

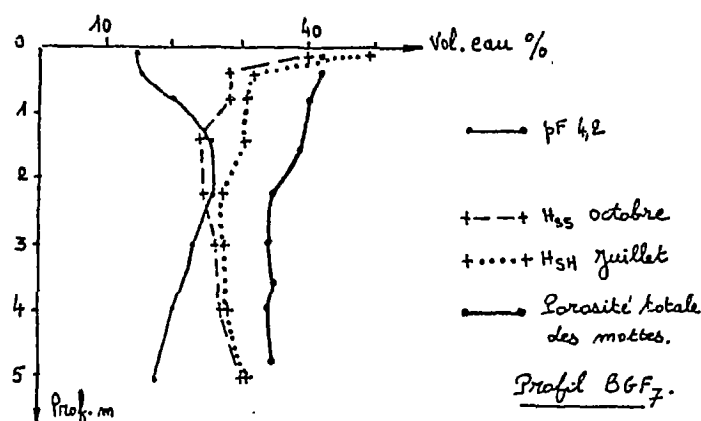


Fig. 61 - Comparaison des humidités de rétention et des humidités volumiques aux extrêmes saisonniers.

3.3. LE SOL DU BAS DE VERSANT A HORIZONS ARGILEUX MEDIANES (BGF 8')

33.1. Description des horizons

- A₀₀-A₀ -1/0 cm.
Litière de feuilles mortes, de radicelles et de racines plus ou moins dégagées par l'érosion. Activité biologique forte (fourmis).
- A₁₁/A₁₂ 0/22 cm.
Brun-jaunâtre foncé (10YR3/4) ; sablo-argileux à sable grossier ; structure grumeleuse ; activité biologique forte ; porosité intersticielle et tubulaire forte ; racines nombreuses, fines et moyennes ; matière organique directement décelable ; racines à tendance horizontale ; apparemment perméable ; transition graduelle.
- B₂ 22/94 cm.
Jaune-brunâtre (10YR6/8) ; sablo-argileux à argilo-sableux ; structure polyédrique émoussée en assemblage assez massif ; compact ; racines peu nombreuses à partir de trente centimètres, à tendance nettement horizontale ; peu collant ; biopores de l'ordre du millimètre ; revêtement argileux très fréquents autour des quartz et dans leurs cavités ; gros pores racinaires (plus de 5 cm de diamètre) ; transition graduelle.
- B₂₁^t 94/145 cm.
Rouge-jaunâtre (5YR5/8) avec des taches jaunâtres et rouges (2,5YR4/8), petites ; argilo-limoneux ; structure polyédrique nette en assemblage massif ; compact ; petits quartz morcelés, corrodés qui s'effritent sous la pression des doigts ; matériau ferme ; imperméable ; pas de racines ; revêtements argileux très abondants ; collant ; cassure luisante des agrégats ; transition progressive.
- B₂₂^t 145/227 cm.
Barriolé à dominance jaune-rougeâtre (5YR6/6) et à très fréquentes taches et marbrures rouges (2,5YR4/8) et jaunes (10YR7/6) de plus en plus abondantes avec la profondeur ; argilo-limoneux ; structure polyédrique très nette en assemblage très massif ; très compact ; très ferme ; très collant ; revêtements argileux sur toutes les faces ; porosité apparente faible, principalement tubulaire ; trainées rouilles liées à la présence de biopores ; matériau plastique ; transition brutale, linéaire.
- B₃C_g 227/396 cm.
Jaune (2,5YR8/6) au sommet de l'horizon passant vers la base à un matériau gris clair (2,5YR7/2) avec de fréquentes taches blanches (2,5YR8/2) et rouges (2,5YR4/8) ou jaunes (2,5YR8/8) ; matériau sablo-argilo-limoneux à sable grossier ; quartz très abondants ; cailloux de plusieurs centimètres de diamètre ; porosité tubulaire faible ; très compact ; revêtements argileux encore décelables ; pas de racines.

Conclusion :

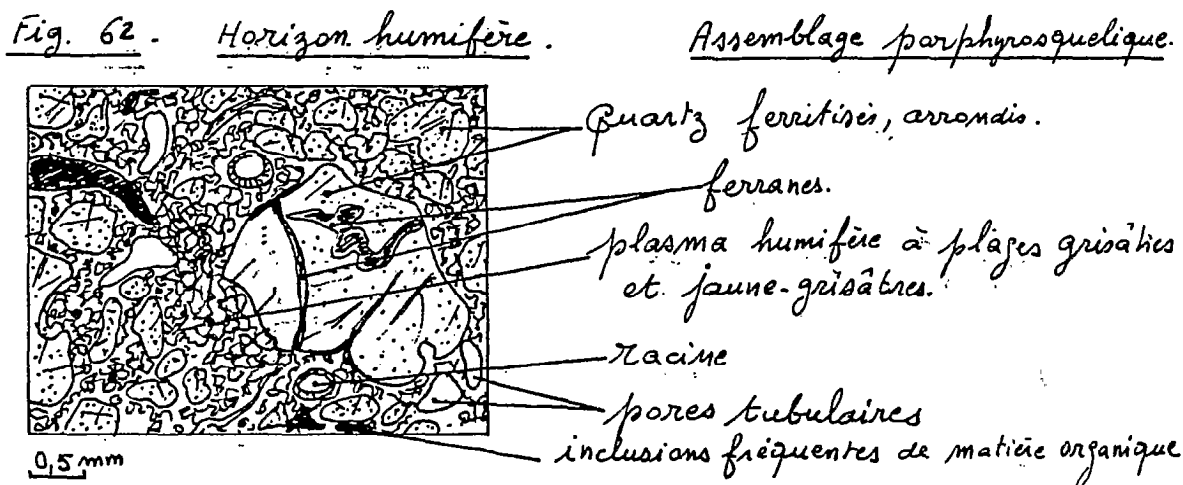
Le sol du bas de versant présente la succession d'horizons suivants :

- Horizon humifère ; sablo-argileux ; poreux et perméable.

- Horizon pédoplasmé ; sablo-argileux ; moyennement poreux et perméable.
- Horizon d'accumulation (de 90 à 230 cm). ; compact ; ferme ; massif ; imperméable.
- Horizon d'altération avec développement de taches d'hydromorphie pseudo-gley ; imperméable ; sablo-argileux ; très peu poreux. Cet horizon est particulièrement bien représenté dans les profils de bas de pente.

33.2. Caractérisation des horizons en lames minces

Horizon humifère A₁₁ : (lame 81' de 2 à 7 cm)



Commentaire :

Le *squelette* est abondant (60 %), dispersé, formé de grains de quartz hétérométriques (1,5 mm pour les plus gros), fissurés et ferritisés. Ils sont corrodés et présentent presque tous des indices de dissolution.

Le *plasma* hétérogène est constitué de plages grisâtres et de plages jaune-grisâtres plus claires, déferrifiées.

La *structure* fine est peu exprimée ; on observe quelques agrégats contournés (1/4 mm) d'ordre biologique.

Des *racines*, des inclusions de charbon de bois et des fragments de matière organique sont directement décelables.

La *porosité* est essentiellement faite de macropores tubulaires.

L'individualisation de petites taches de *sesquioxides* est également observée.

Diagnostic :

Cet horizon humifère lessivé, riche en quartz dérive d'un B oxique jaunâtre dont les pédoreliques jaunes plus ou moins déferrifiées sont fréquentes.

On note une assez bonne incorporation de la matière organique et une forte action de dissolution des quartz du squelette sous l'influence d'un ruissellement hypodermique important.

Horizon B₂ : (lame BGF 83' 40/45 cm)

fig. 63. Horizon B₂ oxygène



0,5 mm

Assemblage porphyroscellique

quartz ferritisés, fissurés, corrodés

plasma relativement homogène, jaune-brunâtre, dense, orienté.

fissures et séparations plasmiques.

module (hématite).

inclusion de matière organique.

macropore, tubulaire

Commentaire :

Le *squelette* est moins abondant (40 %) que dans la lame précédente. Il reste constitué de grains de quartz hétérométriques (les plus gros atteignent 2 mm), corrodés sur les bords et ferritisés. De très nombreux petits quartz éclatés constellent le milieu ; d'une façon générale, les grains de quartz sont plus petits dans cet horizon.

Le *plasma* est d'ailleurs *plus homogène*, jaune-brunâtre ; il est dense, fissuré avec des fentes de contraintes et des faces de décollement ; il représente environ 60 % du matériau.

La *structure* est peu exprimée ; on n'observe que peu d'agrégats ; le matériau est d'aspect compact.

Des *nœuds* (hématite et goëthite) bien cristallisés, hérités des horizons sous-jacents et remontés par activité biologique et mécanique du sol, petits et nombreux sont observés.

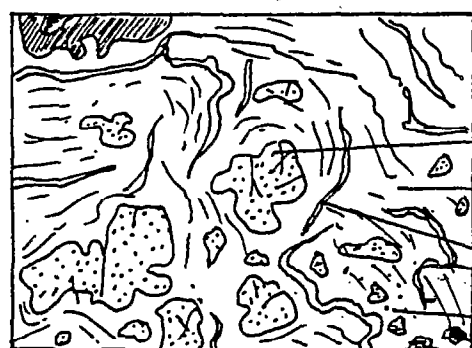
Diagnostic :

Par rapport à la lame précédente, cet horizon est peu structuré, compact, bien que l'on distingue encore l'incorporation de matière organique. Le plasma a tendance à envahir le squelette, relativement plus fin. Le matériau est plus dense ; on note toutefois une macro-porosité faite de pores et de cavités tubulaires de la taille des grains de quartz.

Horizon illuvial B_{21t} : (lame BGF 86' 100/105 cm)

(voir figure n°64 page suivante)

Fig. 64. Horizon illuvial B_{21t}



0,5 mm

Assemblage porphyrosquelique

- squelette de quartz (20%), fissurés.
- plasma homogène, orienté, jaune-brunâtre, très dense.
- fissures
- porosité ultrafine
- fréquentes petites taches d'hydroxydes

Commentaire :

Le *squelette* (20 % environ) est exclusivement constitué de grains de quartz hétérométriques, corrodés en bordure, fissurés et ferritisés.

Le *plasma*, fortement orienté, est relativement homogène, jaune-brunâtre ; il est très peu divisé, très dense et très peu structuré. Des fissures et des fentes de contrainte ainsi que des faces de décollement sont fréquentes.

Une *porosité ultrafine* se développe dans le plasma, mais la macroporosité est réduite.

De petites *taches d'hydroxydes*, fréquentes, bien individualisées constellent le milieu.

Diagnostic :

Horizon illuvial, à squelette quartzeux relativement peu abondant et à plasma orienté ; le matériau a une allure massive, dense ; la macroporosité est très réduite mais une porosité ultrafine se développe dans le plasma.

Horizon B_{22t} : (lame BGF 89' 160/165 cm)

Fig. 65- Horizon illuvial B_{22t}.



0,5 mm

gaines rouges autour des vides

module

- petits quartz du squelette : moins de 1%
- plasma : plus de 95%. orienté.
- plage jaune plus ou moins clair
- plage rouge-brun ; goethite.
- plage jaune-rougeâtre
- fissures et fentes de contrainte.
- très nombreuses taches d'hydroxydes

Commentaire :

Le *squelette* (moins de 1 %) est constitué de petits grains de quartz (inférieurs à 0,5 mm), fissurés, gainés de ferri-argilanes et de dépôts argilo-ferrugineux dans les fissures.

Le *plasma* (99 % environ) est hétérogène. Il est très orienté ; constitué de trois types distincts :

- 1 - *Plasma rouge-brun*, soutenu, constitué de goethite deshydratée bien cristallisée, particulièrement concentré le long des fissures, autour des vides et des fentes de retrait et de décollement.
- 2 - *Plasma jaune-rougeâtre*, sous forme de plages continues ; il est également préférentiellement localisé dans les fissures ; il est constitué de goethite plus ou moins bien cristallisée.
- 3 - *Plasma jaunâtre à jaune clair*. Il a un aspect "délavé" mais il est constellé de petites taches rouges de sesquioxydes ; le plasma lui-même dans les plages plus claires est nettement déferrié par rapport aux types précédents.

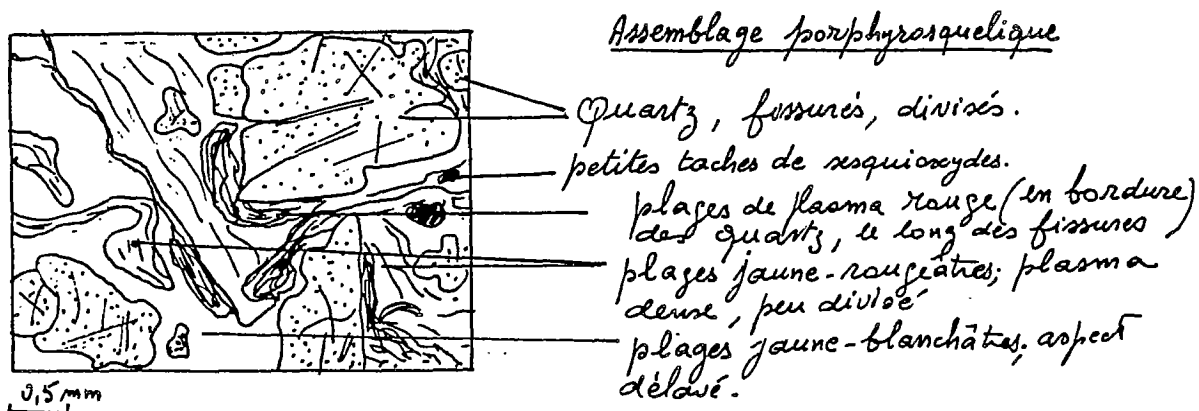
Des *nodules ferrugineux en cours de formation in situ* sont observés : plusieurs stades dans le degré de cristallisation et d'individualisation de ces nodules sont présents ; ils *dérivent directement* du plasma rouge-brun du premier type ; ils ont une taille moyenne de l'ordre du millimètre et sont relativement nombreux.

Diagnostic :

Par rapport aux lames précédentes, on observe à ce niveau un envahissement quasi-total du squelette par un plasma très orienté. Le matériau, à porosité ultrafine, est extrêmement dense, d'allure massive et compacte. Il est très peu structuré ; des microfentes de retrait subverticales, et des fissures de contraintes favorisent la cristallisation de dépôts ferrugineux (ferri-argilane). *Le fer qui a migré avec l'argile tend à se dissocier de cette dernière dans cet horizon. On assiste à l'individualisation de nodules ferrugineux dans un matériau globalement enrichi en fer.*

Horizon B₃Cg : (lame BGF 895' 345/350 cm)

Fig. 66. Horizon d'altération à pseudosgley B₃Cg.



Commentaire :

Le *squelette* (environ 50 % du matériau) est constitué de grains de quartz hétérométriques, les plus gros atteignant 3 mm ; ils sont fissurés, divisés, morcelés.

Le *plasma, hétérogène* est constitué de plages rouges, jaune-rougeâtres, jaunâtres, jaune-blanchâtres et blanchâtres.

Le *plasma rouge soutenu* est lui-même hétérogène et constitué de plages plus ou moins rouges ; il y a concentration ferrugineuse préférentiellement autour des quartz, dans les vides et le long des micro-fissures ; le fer est sous forme de goethite relativement bien cristallisée. Des *néocutanes*, avec début de cristallisation de goethite, sont observés en bordure des quartz et dans les microfentes.

Le *plasma rouge-jaunâtre à jaune-rougeâtre* constitue le fond matriciel du plasma rouge ; il est dense, peu divisé, très peu structuré. Il est peu poreux.

Le *plasma jaune-blanchâtre*, "jaune délavé" voir blanchâtre, montre un *contact brutal, linéaire* avec les plasmas rouges et jaune-rougeâtres. *Mais les quartz chevauchent les deux plasmas et le squelette est rigoureusement identique dans les différents plasmas.* Le réseau de microfissures peut être comparé dans les plasmas : il y a légèrement moins de fissures dans le matériau jaune-blanchâtre où le plasma se fait plus dense, moins poreux que dans le rouge. Une autre différence essentielle semble résider dans la quantité de fer et son état de cristallisation, plus importante dans le matériau rouge.

Diagnostic :

On assiste donc :

a) Dans le *plasma rouge*, à une *remobilisation du fer* ; on a des plages déferriées qui deviennent oranges, jaunes, jaunâtres puis grisâtres. Le fer part d'un point pour se redéposer en un autre. Au cours cette *remobilisation*, les zones qui se conservent le mieux sont les plus riches en fer au départ.

b) Dans le *plasma jaune "délavé" à blanchâtre*, à un maintien de traces de matériau jaune-rougeâtre dans les microfissures ou en bordure de certains quartz. Mais le matériau jaunâtre tend à "fondre" et à passer à un matériau grisâtre. Dans cette zone de déferriification, les parties qui semblent résister le mieux sont également celles qui sont le plus concentrées en fer.

Conclusion :

On assiste actuellement à une *remobilisation du fer dans tout le plasma*, tant dans le plasma rouge que dans le jaune . Le plasma jaunâtre plus ou moins clair dérive du rouge par déferriification ; *cette perte en fer du matériau s'accompagne d'une perte de structure* ; cette plasmastrocturolyse permettant d'apprécier que les zones demeurant relativement mieux structurées sont celles qui, au départ, étaient les plus riches en fer.

Par rapport aux profils précédents, l'étude micromorphologique du profil BGF 8' confirme les observations de terrain et rend compte d'une différenciation verticale beaucoup plus contrastée des horizons, principalement au niveau de leur microstructure. Un maximum de différenciation des processus de transformations géochimiques (principalement du fer) déjà mis en évidence dans les sols amont, est atteint à ce niveau de la toposéquence.

33.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques (voir tableau n°16 en annexe).

333.1. Granulométrie (figures n° 67 et 68)

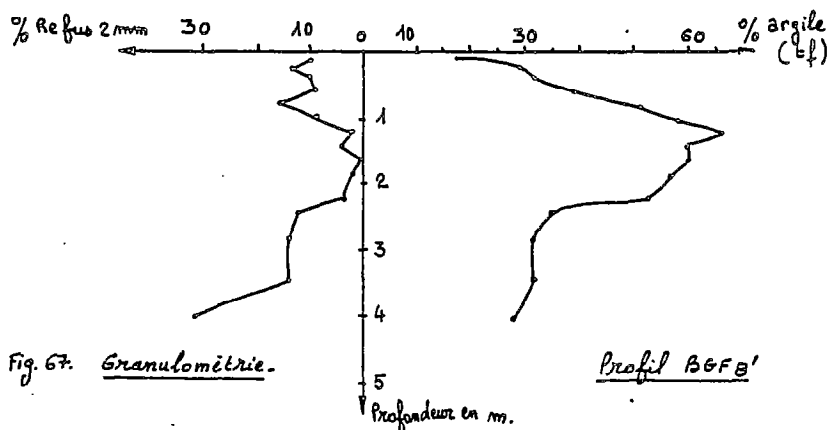


Fig. 67. Granulométrie.

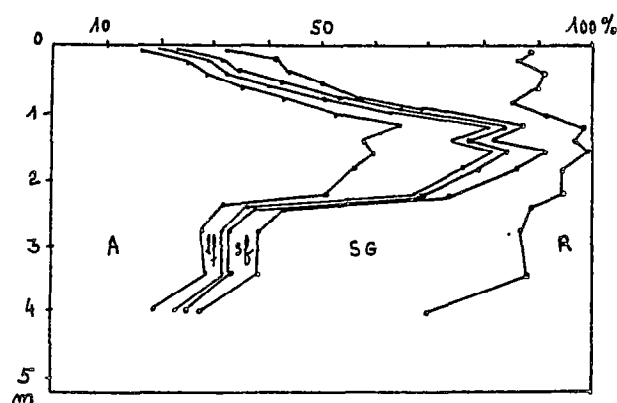


Fig. 68. Composition pondérale du sol total.

Commentaire :

Le *refus pondéral* présente un minimum entre 120 et 160 cm qui correspond au niveau argillique. Il redevient très brutalement supérieur à 10 % à la base de l'horizon Bt illuvial vers 240 cm de profondeur.

La *teneur en argile* de la terre fine qui est de l'ordre de 30 % dans l'altérite croît très rapidement à 66 % vers 120 cm (horizon Bt), puis elle décroît en surface jusqu'à 20 %. Rapportée au sol total, l'augmentation est encore plus rapide.

La *teneur en limons fins* qui est de l'ordre de 4 % dans l'altérite croît également jusqu'à plus de 20 % dans l'horizon Bt.

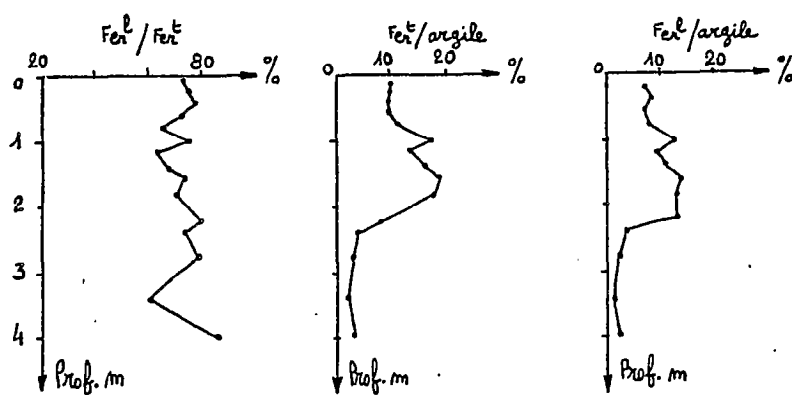
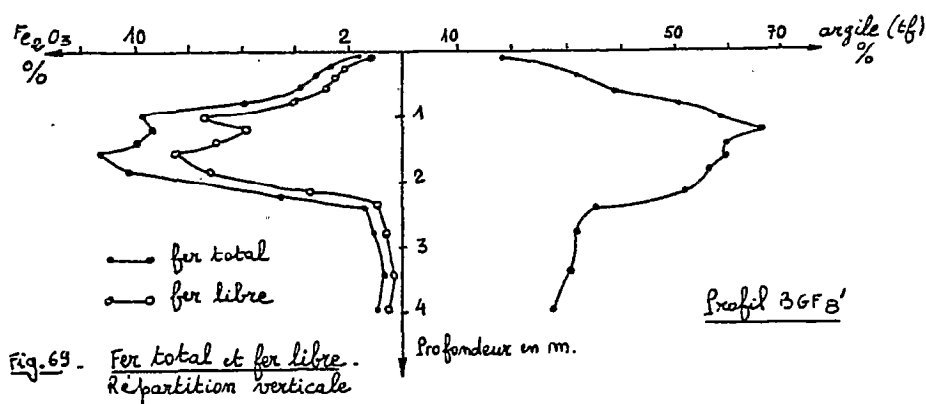
La *teneur en sables fins* reste faible dans tout le profil, ne dépassant 10 % que dans l'horizon de surface tandis que la teneur en sables grossiers reste toujours supérieure à 10 %. On observe toutefois un taux maximum dans

l'horizon humifère ; il décroît à 11 % (taux minimum à 160 cm) pour remonter rapidement à plus de 60 % dans l'altérite.

Au total, par rapport aux profils précédents on constate la présence d'un ventre d'accumulation de la fraction fine du sol (argile + limons fins) dans les horizons illuviaux. La transition avec les horizons BC sous-jacents est très nette et se remarque par un changement textural brutal, surtout dans les teneurs en sables grossiers.

En ce qui concerne les différenciations plasmiques donc structurales du sol, on constate que par rapport aux observations faites pour BGF 7, elles sont amplifiées dans le profil BGF 8' au niveau duquel la perte de structure est quasiment générale.

333.2. Teneurs en fer (figures n°69 et 70)



Commentaire :

Par rapport au profil BGF 7, la répartition du fer total et du fer libre (fig. 69) dans le profil BGF 8' rend compte de la liaison extrêmement nette entre le fer et l'argile. La teneur maximale en fer total de la terre fine atteint 11 %, valeur qui coïncide avec les plus fortes teneurs en argile

(60 % environ) au niveau de l'horizon illuvial Bt (vers 150 cm de profondeur).

Cette valeur chute brutalement à la base de cet horizon argillique à 1 % environ vers 240 cm de profondeur en accord avec le changement textural du sol.

La courbe de répartition du fer libre épouse fidèlement celle du fer total, les rapports fer libre/fer total restant de l'ordre de 70 à 80 %.

Les courbes de répartition du fer total et du fer libre par rapport à la teneur en argile de la terre fine mettent bien en évidence la *concentration relative en fer* dans les horizons les plus riches en argile.

333.3. Matière organique

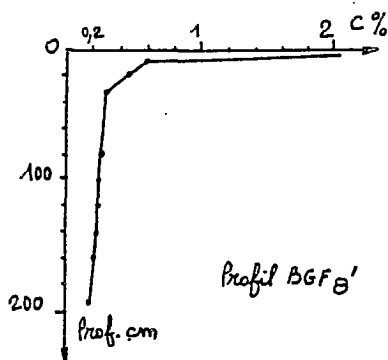


Fig. 71. Variation du carbone total avec la profondeur

La teneur en carbone décroît très rapidement à partir de la surface (2 % dans la tranche 0/10 cm) à moins de 0,6 % (tranche de 10 à 20 cm de profondeur).

La quantité de matière organique totale est de l'ordre de 4 % dans l'horizon humifère ; elle est inférieure à 1 % dès 40 cm de profondeur.

Comme pour les profils précédents, le C/N reste très bas, inférieur à 8 % dès 20 cm de profondeur.

333.4. pH et cations

Le pH reste inférieur à 5 dans l'ensemble du profil ; il varie entre 4,3 dans l'horizon de surface à 4,7 valeur maximale vers 140 cm de profondeur. Le profil BGF 8' est, dans son ensemble, relativement plus acide que les sols de l'amont de la séquence.

La *capacité d'échange* décroît d'abord à partir de l'horizon humifère de surface (5,7 me de 0 à 10 cm) à 3,5 me (80 cm), pour remonter ensuite jusqu'à près de 11 me dans l'horizon argillique ; elle retombe ensuite à 2 me dans l'altérite.

Par rapport au profil BGF 7, on observe donc des valeurs plus élevées de la capacité d'échange (de l'ordre de 10 me dans les horizons argilliques) qui coïncident avec les valeurs maximales en fraction fine du sol (argile+limons de l'ordre de 80 %).

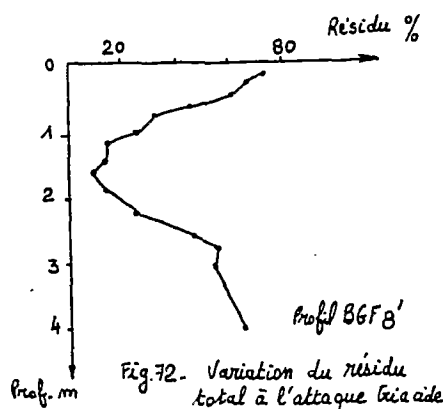
Le *taux de saturation* reste très bas et inférieur à 10 % dans la quasi totalité du profil.

Les *cations échangeables* ont des valeurs extrêmement faibles (tableau 16 en annexe) ; vu la très grande pauvreté du milieu, il ne nous a pas été possible de suivre une variation quelconque des cations dans le profil.

333.5. Le phosphore total, comme pour les profils précédents, reste présent en quantité très faible puisqu'il ne dépasse pas 2 %.

333.6. Analyse totale (tableaux n° 39 et 40 en annexe)

Variation du résidu total à l'attaque triacide



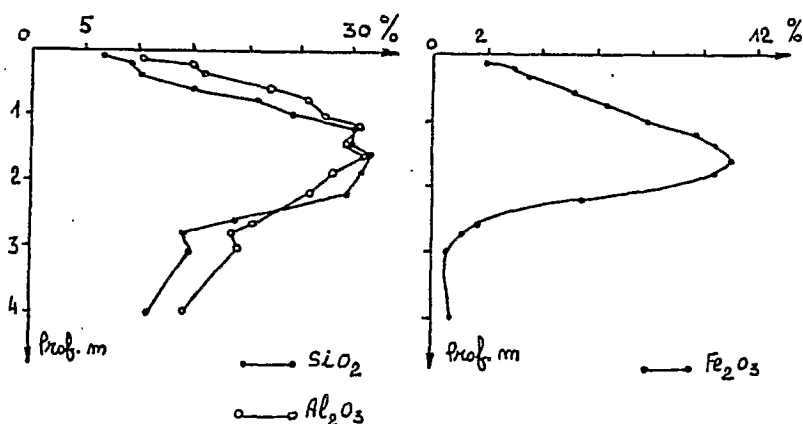
Par rapport au profil BGF 5 du sommet de pente, la diminution verticale du résidu total est beaucoup plus rapide et nette dans le profil BGF 8'.

Ce résultat diffère de ce qui est connu dans les sols ferrallitiques à altération profonde en Afrique (LENEUF, 1959 ; DELVIGNE, 1965) ; mais ce genre de distribution se trouve dans tous les profils de sols ayant subi à la fois une forte altération et une redistribution des minéraux d'altération (LELONG, 1969 ; BOCQUIER, 1973).

On note d'autre part une teneur nettement moins élevée du résidu total en BGF 8' qu'en BGF 5. La figure n°72 rend compte d'une accumulation relative des produits d'altération secondaire si on la compare au profil de répartition du résidu total du sol du sommet de pente.

La silice, l'alumine et le fer solubles

Comme pour le résidu total et l'argile, une variation verticale très nette est également observée pour les valeurs de la silice, de l'alumine et du fer solubles au réactif triacide (tableau n°39 et figure n°73).

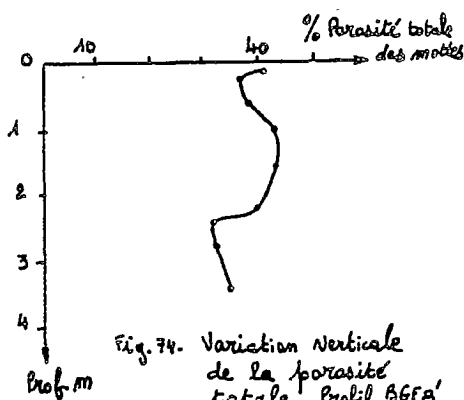


Par rapport au profil BGF 5, on note en BGF 8' des teneurs trois fois plus élevées en silice, en alumine et en fer notamment dans les horizons argilliques.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (tableaux n°38 et 39) est régulièrement plus élevé en BGF 5 ; il présente un maximum (1,90) dans l'horizon Bt entre 180 et 200 cm de profondeur. Cela tend à indiquer un appauvrissement préférentiel en alumine par rapport à la silice.

333.7. Densité apparente et porosité totale des mottes
(tableau n°41)

Le profil de répartition de la porosité totale avec la profondeur du profil BGF 8', montre que les valeurs maximales se trouvent concentrées au niveau du ventre d'argile.



L'examen des lames minces a révélé une microporosité (porosité ultrafine) qui atteint 44 % entre 100 et 110 cm, décroît ensuite à 33 % à la base de l'horizon Bt pour rester autour de 35 % dans les horizons BC, comme pour les profils situés en amont de la séquence (tableau n°41).

33.4. Conclusion

L'examen morphologique et les données analytiques du profil BGF 8' du bas de versant, permettent de caractériser ce sol par :

- Une *organisation verticale* en horizons lessivés de surface passant très rapidement à des horizons argilliques , illuviaux ; le contraste textural entre les horizons étant très marqué.
- Une *dégradation de la microstructure* beaucoup plus généralisée que dans les profils de l'amont. Le matériau, particulièrement dans les horizons argilliques a une structure d'ensemble franchement massive. Dans l'altérite, il est très compacté, très peu poreux, imperméable.
- Une *variation verticale* des teneurs en fer, silice et alumine qui suit assez fidèlement celle de l'argile de la terre fine.
- Une *très rapide diminution de la matière organique* avec la profondeur et un C/N très bas.
- Un *pH très acide* dans l'ensemble du profil.
- Une *capacité d'échange* sensiblement plus élevée que dans les sols situés à l'amont de la séquence et dont les valeurs sont d'autant plus élevées que la teneur en éléments fins est très forte.
- Un *taux de saturation* très bas, inférieur à 10 % dans l'ensemble du profil.

Globalement, le profil BGF 8' se différencie des profils précédents par un contraste textural et structural plus marqué des horizons qui s'accompagne d'une variation très nette de leurs teneurs relatives en fer, silice et alumine principalement.

33.5. Caractéristiques hydriques saisonnières (figures n°75 et 76)

Dans les horizons argileux médians les humidités pondérales et volumiques atteignent respectivement 30 et 50 %. La teneur en eau au pF 4,2 (43 %) y est peu inférieure à la porosité totale (46 %). Celle-ci est donc constituée en grande partie de pores extrêmement fins.

La variation saisonnière est faible dans les horizons argileux et au-dessous, nette au-dessus. L'humidité des horizons sous-jacents se situe dans la zone de capacité au champ mais à la partie supérieure des horizons argileux, et au-dessus jusqu'en surface, la saturation en eau est atteinte ; un écoulement latéral interne se produit vraisemblablement au sommet de l'horizon argileux en période pluvieuse.

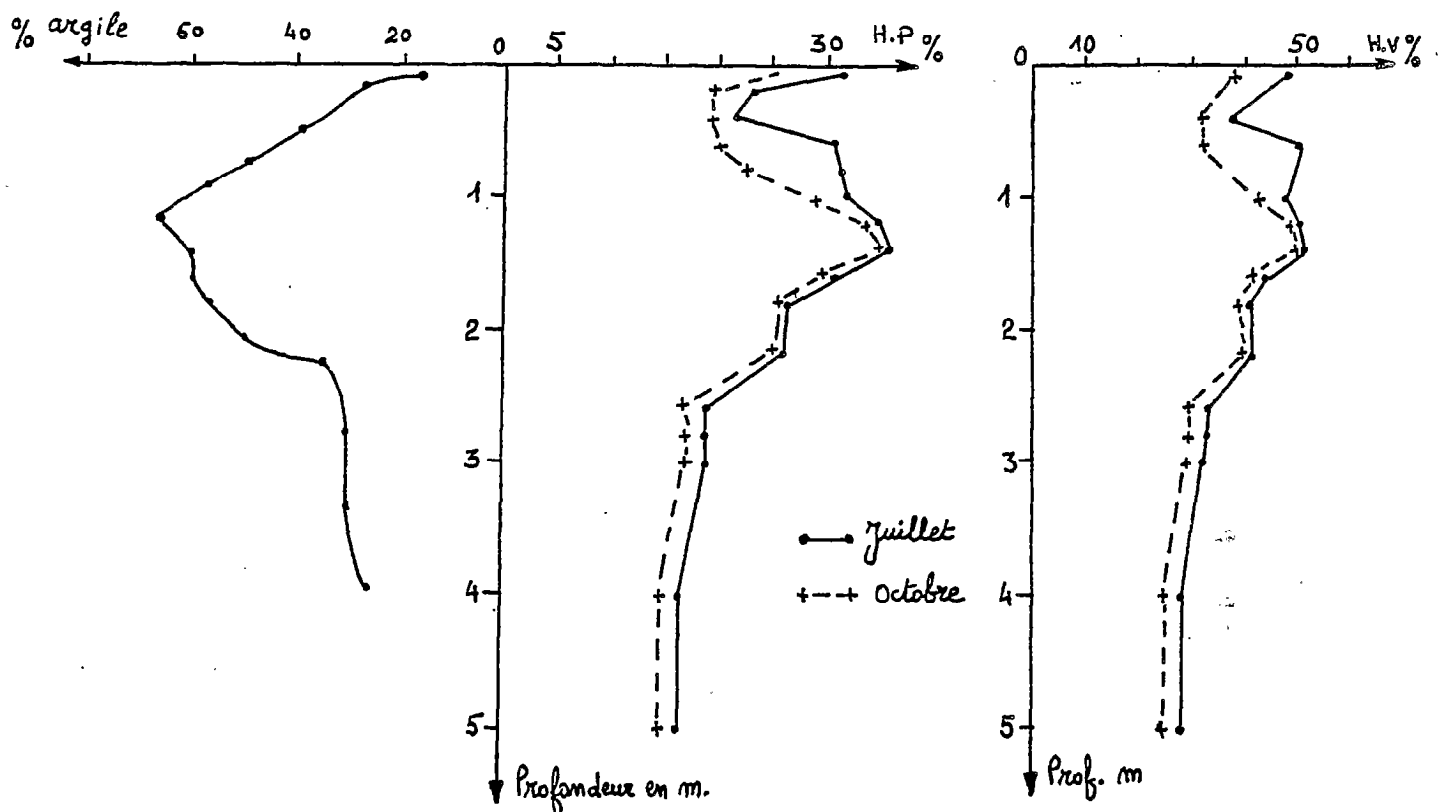


Fig. 75. Profils hydriques saisonniers. Humidités pondérale H.P. et volumique H.V. en % - Profil BGF 8'.

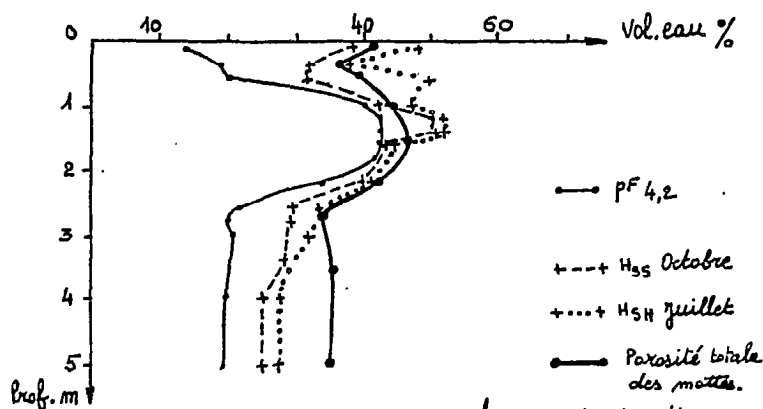


Fig. 76. Comparaison des humidités de rétention et des humidités volumiques aux extrêmes saisonniers. Profil BGF 8'.

3.4. LES VARIATIONS LATÉRALES A L'AVAL DES HORIZONS ARGILEUX MÉDIANS

(figure n°19)

Le profil BGF 0 situé 4 mètres en aval de BGF 8' correspond à une fosse pédologique ouverte jusqu'à 3,30 m de profondeur et dont l'observation du profil s'est poursuivie à la tarrière jusqu'à 8,80 m. Le profil BGF 8, en aval de BGF 0 correspond à la fosse de récupération des eaux de ruissellement et de drainage oblique. De BGF 8 jusqu'au thalweg, l'ouverture d'un canal d'évacuation des eaux qui pourraient envoyer la fosse ERLO a permis d'établir la séquence de différenciation des sols sur une vingtaine de mètres depuis BGF 8 vers l'aval. Les profils sont notés de BGF 81 à BGF 86. Le sol du bas-fond est caractérisé par le profil BGF 19.

34.1. Le profil BGF 0 présente la même succession d'horizons que BGF 8' ; toutefois par rapport à ce dernier profil on observe :

a) *Un amincissement* relatif des horizons humifères A_{11} et A_{12} (12 cm d'épaisseur).

b) *Un enrichissement* notable en argile au niveau de l'horizon illuvial avec un maximum de 65 % d'argile en B_{2t} (entre 140 et 150 cm) ; tableau n°17 en annexe. Dans cet horizon argileux, sur la paroi de la fosse lissée par les pelles lors du creusement de cette dernière, on observe de petits "choux-fleurs" constitués de particules argileuses entraînées par les eaux au débouché de macropores et de galeries d'activité biologiques ; ce sont là des indices visibles de l'entraînement mécanique de l'argile par les eaux. Le fer total se déplace avec l'argile : plus de 11 % de fer au niveau Bt.

c) *Une remontée* vers la surface de l'horizon B_{2c} dont la limite supérieure ne se trouve plus qu'à 165 cm de profondeur. Le contact entre l'horizon Bt argillique et l'horizon d'altération blanc-grisâtre (7,5YR8/0) barriolé de taches et de marbrures jaune-rougeâtres (7,5YR/8) de pseudo-gley est extrêmement brutal, linéaire. Les taux en argile chutent à 30 % dès 170 cm, et diminuent par la suite régulièrement jusqu'à 9 % vers 8 m ; corrélativement à la diminution de l'argile on observe un accroissement de la teneur en limons et en sables grossiers (40 %) avec la profondeur.

d) *Le matériau d'altération* sablo-limono-argileux est riche en éléments résiduels plus ou moins ferruginisés, noyés dans une pâte kaolinique séréciteuse ; il est rencontré dès 320 cm de profondeur. La nappe phréatique est observée à 3,8 m de la surface.

Les résultats de l'analyse granulométrique rendent compte de l'hétérogénéité du matériau d'altération qui présente des passées plus sableuses (résultats de la terre fine) de même que des refus (2 mm) de la terre entière, plus importants à ces mêmes niveaux. Ces augmentations correspondent à des "boules" de granite pourri qui flottent dans l'altérite ; de 320 à 330 cm, on note 75 % de sables grossiers (terre fine) et 47 % de refus de la terre entière (tableau n°17 en annexe).

En résumé, le profil BGF 0 présente la même succession d'horizons que BGF 8' ; mais la différenciation latérale des horizons rend compte d'une légère augmentation des taux en argile et en fer au niveau des horizons Bt illuviaux, ainsi que de la remontée du "plancher" d'altération en liaison avec une présence plus manifeste et plus proche de la surface de la nappe phréatique.

34.2. La séquence de la différenciation de BGF 8 à BGF 86

Profil BGF 8 :

Il se caractérise par la succession des horizons suivants :

- Aoo-Ao -2/0 cm.
Litière de feuilles mortes et de débris végétaux reposant sur un chevelu racinaire riche en grains de quartz grossiers, émoussés, blanchis, lavés.
- A₁₁ 0/7 cm.
Jaune-rougeâtre (5YR6/6) ; sablo-argileux à sable grossier ; structure grumeleuse peu nette ; activité biologique forte ; intrusions de quartz lavés et dégagés par le ruissellement hypodermique ; poreux (macro et microporosité fortes) ; biopores très nombreux ; racines fréquentes fines et moyennes ; meuble ; perméable ; transition graduelle.
- A₁₂ 7/21 cm.
Jaune-rougeâtre (5YR6/6) ; sablo-argileux à sable grossier ; structure polyédrique subanguleuse peu nette ; meuble, friable ; poreux (porosité interstitielle et tubulaire) ; peu massif ; racines très nombreuses, fines et moyennes ; quartz brillants, anguleux (1 cm) ; apparemment perméable ; transition graduelle.
- B₂₁ 21/61 cm.
Jaune-rougeâtre (5YR7/6) ; argilo-sableux à sable grossier ; structure polyédrique subanguleuse nette ; revêtements argileux fréquents ; racines fines et moyennes déviées horizontalement ; moins perméable que l'horizon supérieur ; peu collant ; peu massif ; peu friable ; infiltration de matière organique le long de galeries racinaires fossiles ; transition assez rapide, non distincte.
- B₂₂ 61/103 cm.
Rose (7,5YR7/4) ; argilo-sableux à argilo-limono-sableux à sable grossier ; structure polyédrique émoussée ; quartz résiduels subanguleux atteignant jusqu'à 5 cm de diamètre ; taches jaunâtres et blanchâtres d'altération de feldspaths et taches rouges (2,5YR4/8) petites, peu fréquentes ; matériau compact ; ferme ; imperméable ; transition nette.
- Gr 103/150 cm.
Stone-ligne de quartz issue d'un filon.
- B₃Cg 150/200 cm.
Jaune-rougeâtre (5YR6/6) ; sablo-argilo-limoneux avec nombreuses lithoreliques à structure géologique conservée et cailloux de quartz noyés dans un matériau d'altération kaolinique, assez friable, sériciteux ; compact ; très massif ; ferme ; imperméable. Pas de racines.

Par rapport au profil BGF 0, on observe une diminution de la teneur en argile dans les horizons d'accumulation B₂₁ et B₂₂, le maximum n'étant plus que de 45 % dans la tranche de sol entre 80 et 90 cm de profondeur.

Corrélativement à la diminution des taux en argile, le fer total n'atteint plus que 3 %, valeur maximale au niveau le plus riche en argile.

Les horizons argileux se prolongent donc en s'amincissant progressivement vers l'aval de la séquence.

Une "stone line" de quartz, d'une cinquantaine de centimètres d'épaisseur en BGF 8 se prolonge en ondulant à la base des horizons argileux et en se réduisant progressivement en un mince filon qui se fond à partir de BGF 86 au sein du matériau d'altération B₃Cg dont la présence se manifeste dès 70 cm de profondeur dans le bas-fond.

En résumé, les sols du bas de pente, du profil BGF 8 au profil BGF 86, se différencient des profils BGF 0 et 8' par une diminution relativement nette des taux en argile ; les horizons B₂₁ et B₂₂ s'amenuisent vers l'aval et sont peu à peu remplacés par le matériau d'altération kaolinique, très compact, massif, ferme et à porosité très réduite. Le développement d'un pseudo-gley dans ce matériau est d'autant plus accentué et proche de la surface que l'on est au bas de la séquence.

4 - PRESENTATION TOPOSEQUENCIALE DES DONNEES MORPHOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

4.1. DIFFERENCIATIONS MACRO ET MICRO-MORPHOLOGIQUES

Les observations macromorphologiques rendent bien compte, du haut vers le bas de la toposéquence d'une variation pédologique à la fois verticale et latérale. La différenciation vers l'aval, d'horizons aux caractères texturaux et structuraux de type accumulatif est particulièrement nette à partir des profils BGF 8' et BGF 0. La base de ces horizons illuviaux est le plancher de la nappe phréatique au moment du refoulement des eaux de la petite crique qui coule au pied de la colline lors des fortes crues du Sinnamary (voir figure n° 85).

Ces différenciations pédologiques latérales et verticales, directement appréciées lors de l'observation morphologique des profils par les variations texturales et structurales de l'ensemble des horizons, induisent des comportements morpho et hydrodynamiques des sols d'autant plus différents que la différenciation pédologique s'accroît entre l'amont et l'aval.

Ainsi, de l'amont vers l'aval, la toposéquence I montre le passage d'un milieu pédogénétique dans les horizons supérieurs des sols présentant les traits texturaux et structuraux d'un milieu éluvial à un milieu pédo-génétique de type essentiellement accumulatif et illuvial.

Ces caractéristiques sont confirmées par les données micromorphologiques des différents horizons des profils dans la toposéquence.

L'étude micromorphologique des sols de la toposéquence I nous permet de noter une étroite corrélation entre l'évolution des caractères macroscopiques (dont seul de résultat global est apprécié sur le terrain) au fur et à mesure de la différenciation pédologique dans la séquence.

L'analyse micromorphologique, les données macroscopiques concernant la couleur, la texture et la structure, la porosité et la matière organique présente (intimement liées à la forte activité biologique) révèlent le rôle prépondérant de l'EAU dans l'évolution de ces sols qui sont marqués par une dynamique latérale et superficielle d'autant plus forte que l'on va vers l'aval de la séquence et que se différencient des horizons B de "consistance".

La formation de structures grossières et compactes dans les horizons B de "consistance" s'oppose aux structures relativement plus fines et plus poreuses des horizons humifères. La matière organique joue un rôle prépondérant sur la microstructure des horizons supérieurs. Ce rôle se remarque d'autant mieux lors de l'observation micromorphologique que les caractéristiques de la matière minérale se modifient latéralement dans le versant par transports de matières d'amont en aval ce qui induit la remobilisation de certains éléments verticalement dans les profils. Les contrastes entre les horizons humifères et les horizons B de "consistance" sont alors d'autant plus marqués que ces derniers sont plus différenciés.

Ces observations micromorphologiques ont mis en évidence la genèse de plages de décoloration très tôt dans les profils, dès les horizons de profondeur des sols de la partie sommitale de la séquence et leur évolution progressive vers la partie supérieure des profils ; ce phénomène est peu perçu lors de l'examen macroscopique au départ. Cette différenciation verticale que MULLER (1978) traduit par *"différenciation à polarité verticale ascendante"* et qui se fait à partir des horizons B oxiqes rouges de profondeur est peu contrastée dans les sols de la partie amont du versant (profil BGF 5). Elle est d'autant plus nette que les contrastes texturaux (et structuraux) entre les horizons nouvellement différenciés et génétiquement liés dans la séquence augmentent. Il y a continuité verticale et latérale des organisations de matériaux dans la séquence de sols.

Le phénomène *"d'appauvrissement"* (FAUCK, 1971) qui caractérise si généralement les horizons supérieurs des sols sur granites, granito-gneiss et migmatites du Massif des Guyanes, BLANCANEUX (1968-1978) est lié au départ des fines dans les compartiments apicaux, GAVAUD (1976) des profils. *Ce phénomène serait à relier à la dégradation structurale qui intervient déjà dans les horizons sous-jacents, particulièrement à la limite supérieure des horizons B de consistance.* La dégradation structurale qui est la conséquence d'une plasmolysation des horizons supérieurs sous l'influence du lessivage (sensu stricto) est d'autant plus forte que le matériau de départ est lui-même peu structuré ; et nous avons vu que les zones qui se conservent le mieux sont celles qui au départ sont les mieux structurées particulièrement dans les horizons à micropeds.

Toutefois l'étude des sols ferralitiques de la toposéquence I de Grégoire indique au départ une microstructuration généralement très faible relativement à d'autres sols ferralitiques connus ailleurs sous des climats comparables (en Afrique entre autres) même dans les horizons B Ox rouges de profondeur situés en amont de la séquence. Le "lessivage" des horizons supérieurs des profils qui va en s'accroissant de l'amont vers l'aval du versant accentue la dégradation microstructurale et la désorganisation du matériau. Il y a une séquence dans la différenciation des horizons de la chaîne de sols qui se traduit par l'augmentation, de l'amont vers l'aval, de la microdésstructuration. Il y progressivement passage d'un matériau à micropeds, rouge, relativement mieux structuré, à un matériau de moins en

moins divisé, de plus en plus compact, de plus en plus orienté, de plus en plus jaune-délavé.

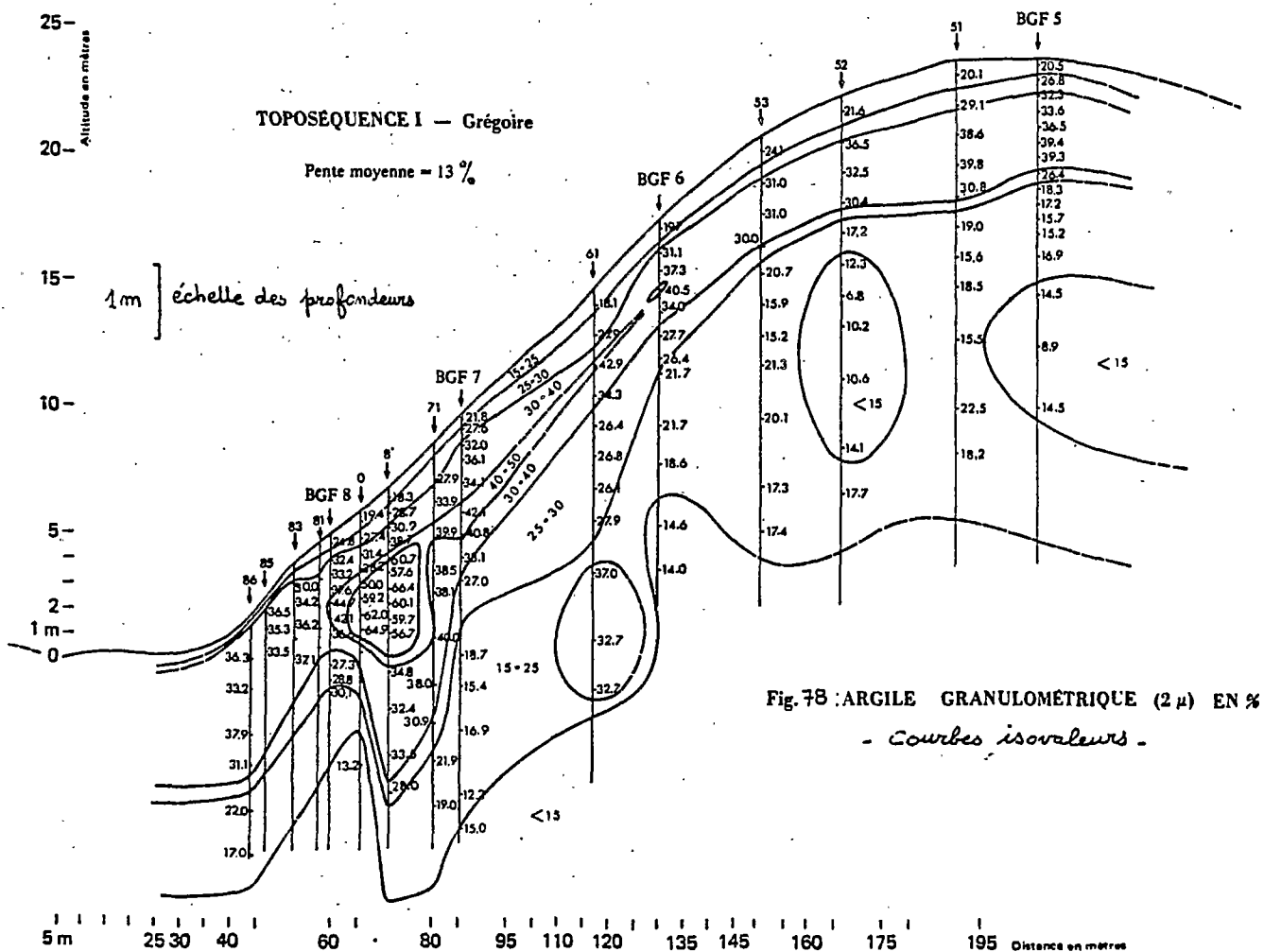
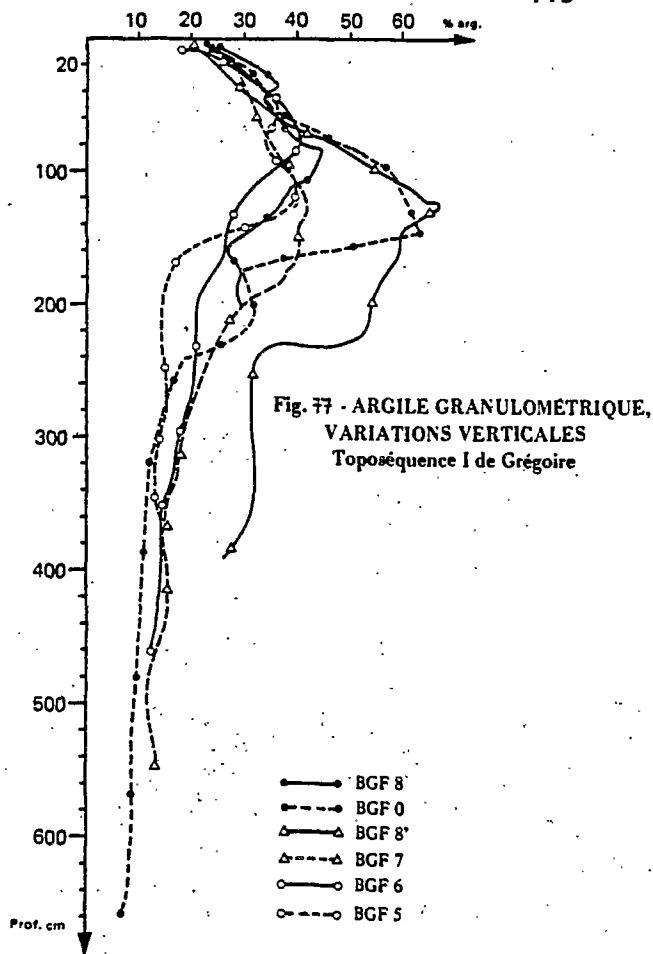
Les horizons de "consistance" illuviaux nouvellement différenciés dans la séquence, amplifient les variations pédoclimatiques des horizons supérieurs sous l'influence des contrastes saisonniers. L'exaspération dans certaines conditions de ces contrastes pédoclimatiques, favorisent la dégradation microstructurale due au lessivage et contribue à la déstabilisation des liaisons fer-argile. Sans atteindre l'amplitude de la transformation observée par CHAUVEL (1976) en Casamance et BLANCANEUX (1978) dans les Ultisols des savanes du nord-est du Territoire Fédéral de l'Amazonie au Venezuela (phénomène d'ultra-dessiccation), il est hors de doute que durant la grande saison sèche et particulièrement durant les mois de septembre et d'octobre les mécanismes de transformations géochimiques intervenant au cours de ce phénomène puissent démarrer et leurs effets s'ajouter par la suite à la remobilisation provoquée par le mouvement mécanique de l'eau durant les grandes saisons pluvieuses. En effet, ces sols à dynamique superficielle et latérale de l'eau, bien qu'ils soient protégés par une couverture forestière dense, subissent malgré tout des variations pédoclimatiques relativement fortes particulièrement dans les horizons supérieurs et B de consistance illuviaux, amplifiés par le très fort contraste structural et textural qu'ils montrent ; cela est d'autant plus remarqué que les horizons B dits de consistance sont plus fortement différenciés.

L'étude micromorphologique des sols de la toposéquence I de Grégoire rend compte également de l'autochtonie des nodules, et des concrétions ferrugineuses et de leur formation actuelle ; ces éléments ferrugineux sont très fréquemment rencontrés sur les différentes formations granitiques et gneissiques du bouclier guyanais.

4.2. VARIATION LATÉRALE DE L'ARGILE GRANULOMÉTRIQUE

La figure n°77 nous montre les variations verticales de l'argile granulométrique des profils BGF 5, 6, 7, 8', 0 et 8. La figure n°78 représente les variations latérales de la fraction inférieure à 2 microns en pourcentage de la terre fine le long de la toposéquence I (lignes d'isovaleurs en argile). En se reportant à cette dernière figure, on remarque la présence, entre les profils BGF 7 et BGF 8 de bas de pente, d'un niveau d'accumulation argillique ; les taux en argile varient dans ces horizons illuviaux entre 50 et 70 %.

Ce niveau d'accumulation d'argile a pour plancher le niveau maximum auquel peut arriver la nappe phréatique durant les grandes saisons des pluies, lors du refoulement de la crique Grégoire et de ses affluents par le fleuve Sinnamary. Ce résultat fut mis en évidence par mesure des variations du niveau de la nappe dans le piézomètre placé dans la fosse BGF 0 ouverte entre BGF 8' et BGF 8 ; au moment des fortes crues du fleuve, le Sinnamary joue un rôle de barrage à la crique Grégoire et à ses affluents ; l'inondation est alors totale dans les zones de bas-fond situées au pied des différentes collines en demi-oranges constituant non seulement la zone du bassin versant où est placée la parcelle d'érosion (station météorologique de l'hydrologie), mais également sur une grande partie du bassin-versant particulièrement à l'aval de la station hydrologique n°1.



On remarque que dans l'ensemble des profils de la toposéquence, les horizons sablo-argileux (entre 15 et 25 % d'argile) supérieurs restent peu épais ; toutefois de l'amont vers l'aval de la séquence on distingue une nette variation dans la répartition verticale de la fraction colloïdale dans les profils.

Dans la partie haute de la séquence, l'augmentation verticale de la teneur en argile avec la profondeur, est progressive. On ne note pas de ventre d'accumulation. Il y a appauvrissement en fines des horizons supérieurs des profils du haut de versant par lessivage oblique, et surtout érosion en nappe sélective.

Dans la partie moyenne de la séquence, la différenciation verticale des horizons pédologiques se fait plus nettement ; la présence d'horizons sablo-argileux puis argilo-sableux à argileux (entre 40 et 50 %) se remarque d'autant mieux que l'on va vers le bas de la séquence et les horizons supérieurs se différencient plus nettement ce qui témoigne de l'entraînement accentué des colloïdes dans les horizons supérieurs, lessivés, des profils au-dessus du niveau argillique.

Dans le bas de la séquence (tiers inférieur), la présence d'un horizon argillique est nettement observable. Il est le résultat du lessivage oblique de la partie aval du versant, de l'entraînement et de l'accumulation de cette fraction fine par blocage au niveau maximum atteint par la nappe phréatique. Les changements texturaux, verticalement dans les profils de cette partie de la séquence sont brutaux et extrêmement nets.

Les variations texturales verticales et latérales de la granulométrie dans les profils au cours de la différenciation latérale de ces derniers dans la toposéquence, confirment les observations macro et micro-morphologiques sur les changements structuraux et microstructuraux des horizons nouvellement différenciés.

Une variation latérale aussi importante dans les caractéristiques granulométriques des profils à l'échelle d'un même versant (sur 200 m de distance), montre d'une part, la difficulté d'adaptation d'une classification de sols (quelle qu'elle soit) quand il s'agit de cartographier à une échelle moyenne les sols développés sur de telles formations géologiques en Guyane française -des études postérieures à la nôtre ont montré que ces phénomènes de différenciation latérale jouait également sur d'autres formations géologiques, en particulier sur schistes (BOULET, 1977, BOULET-FRITSCH-HUMBEL, 1978, FRITSCH, 1984)- d'autre part, que les différences introduites par ces variations latérales au niveau des propriétés physiques générales des horizons conduisent entre autres à des comportements hydrodynamiques, dans et sur le sol, d'autant plus différents que les nouvelles propriétés physico-chimiques introduites seront différenciées. Il est aisé d'imaginer que le cheminement de l'eau et sa répartition dans le sol du sommet de pente sera fondamentalement différent de celui du tiers inférieur ou du bas de pente de la même colline.

Un premier enseignement qui découle de ces observations est celui de la grande complexité dans l'interprétation des résultats quantitatifs et qualitatifs obtenus dans les cases ERLO ; les résultats obtenus dans la

case ERLO ouverte au profil BGF 8 ne sont certainement pas ceux qui auraient été obtenus si la case avait été placée au profil BGF 5. La localisation de la case ERLO dans la séquence est donc fondamentale pour la caractérisation du "système hydrodynamique" caractéristique de la séquence de sols développés sur une même formation géomorphologique. Seule une étude très détaillée de la toposéquence peut permettre le positionnement topographique optimum du dispositif de récupération des eaux pouvant permettre la caractérisation du dit système.

Ceci nous conduit à penser que si l'étude détaillée d'un certain nombre de toposéquences sur une *même unité* physiographique et géologique (géomorphologique), révèle une *distribution particulière de sols* génétiquement liés entre eux et régulièrement *répartis suivant le même mode*, il est vraisemblable que les caractéristiques physiques introduites au cours de l'évolution différentielle de ces sols, conduisent à l'existence d'un *système hydrodynamique* propre à la différenciation de ces derniers. Le nombre de "systèmes hydrodynamiques" caractérisant le même type de séquences différentielles devrait être limité ; on conçoit toutefois qu'un certain nombre de variations secondaires introduites par des particularités locales puissent intervenir dans le système "modèle".

4.3. VARIATION LATÉRALE DE LA POROSITÉ TOTALE DES MOTTES (figure n°79)

Les porosités ont été déduites des mesures de densité apparente réalisées sur mottes par la méthode à la paraffine et à l'eau. Elles ont été réalisées avec R. BOULET pour les profils BGF 5, 6, 7, 8' et 8- (moyenne de trois mesures). Les résultats sont présentés dans le tableau n°41 en annexe.

Ces courbes montrent que la porosité totale est maximale en général pour tous les profils dans les horizons humifères où elle atteint en moyenne 40 % ; cette valeur est toutefois relativement faible si on la compare aux résultats connus pour certains sols ferrallitiques d'Afrique et plus particulièrement au Cameroun, HUMBEL (1976). (Voir figure n°79 page suivante.

La porosité décroît à la base de l'horizon humifère pour remonter sensiblement dans les horizons B avant de diminuer régulièrement en profondeur.

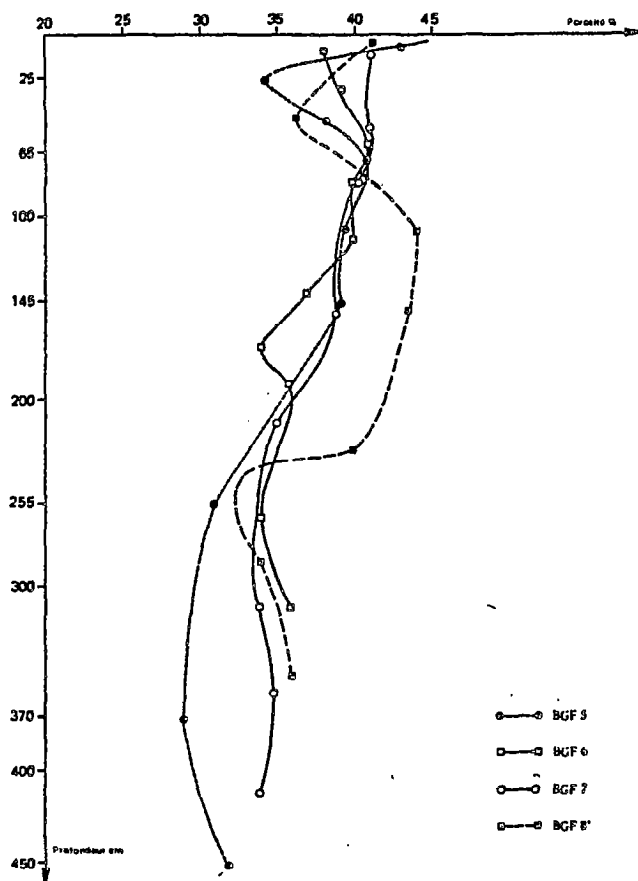
Le minimum de porosité s'observe dans les horizons d'altération, riches en quartz grossiers, colmatés et massifs.

Fig. 79. PROFILS DE POROSITE TOTALE DES SOLS BGF 5, 6, 7, 8'

Sols ferrallitiques sur granite-gneiss - GRÉGOIRE

Toposéquence 1

(Porosité de mottes)



Des variations latérales (figure n°80 page suivante) sont également mises en évidence pour la porosité le long de la toposéquence. Le profil BGF 8' se distingue des autres profils par l'augmentation du volume poral entre 30 et 200 cm de profondeur ; à 227 cm de profondeur, cette porosité décroît brutalement et les valeurs obtenues jusqu'à 400 cm restent du même ordre de grandeur. Cette variation est directement liée au changement très net dans la granulométrie du profil. La diminution de la porosité en profondeur traduit donc une plus grande compacité des horizons d'altérations, cette augmentation étant liée à une plus grande teneur en sables quartzeux (résultat également confirmé par les données micromorphologiques) ; corrélativement, la porosité maximale correspond dans le profil BGF 8' à la présence d'un horizon argillique ; les systèmes poraux demeurent donc dans cet horizon nombreux et variés. Cette observation est confirmée par les mesures de HUMBEL (1978) ; il y a augmentation de la porosité ultra-fine dans ces horizons médians ; l'analyse micromorphologique révèle également une porosité de micro-fentes et de micro-fissures préférentiellement subverticales.

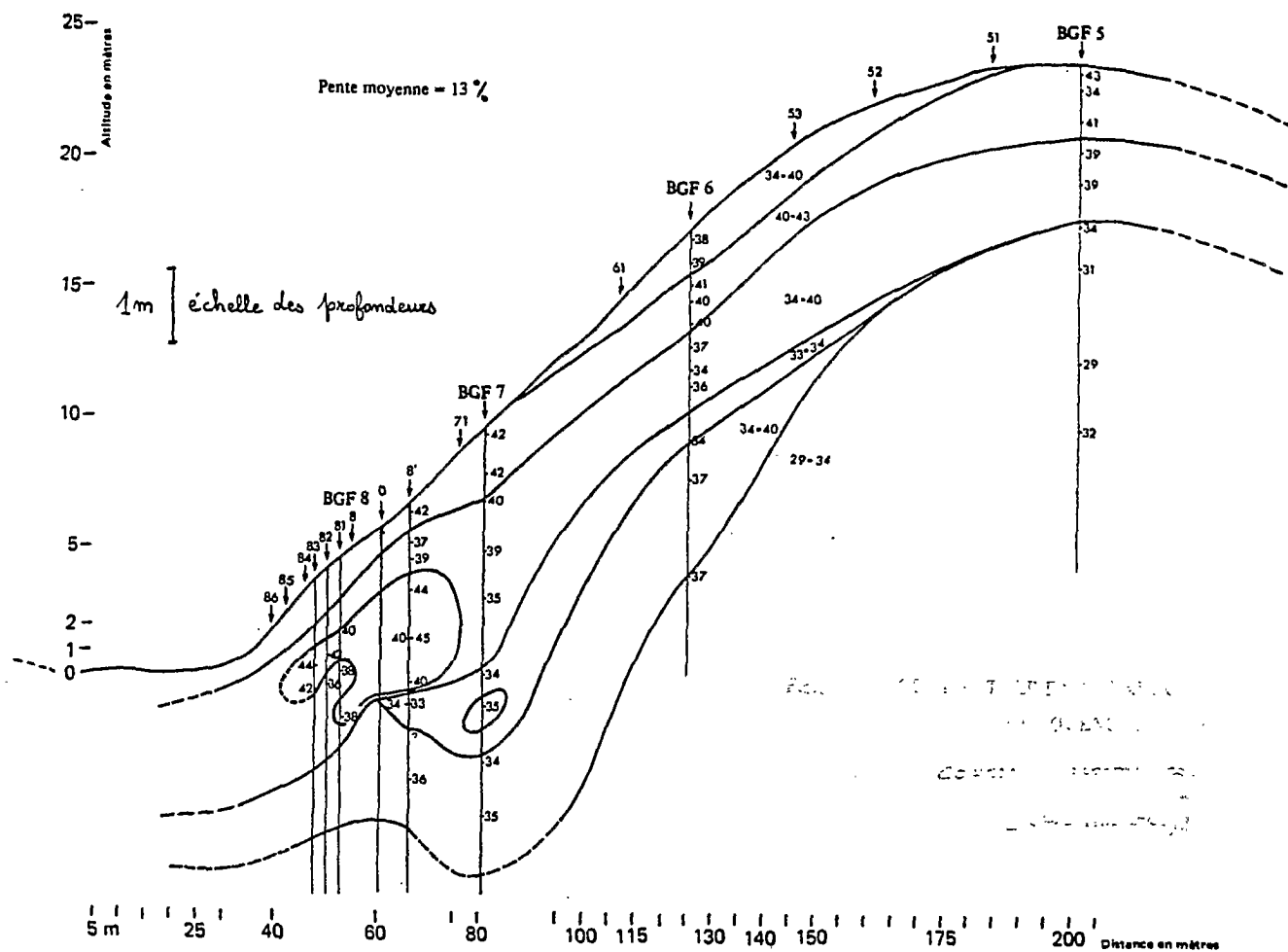
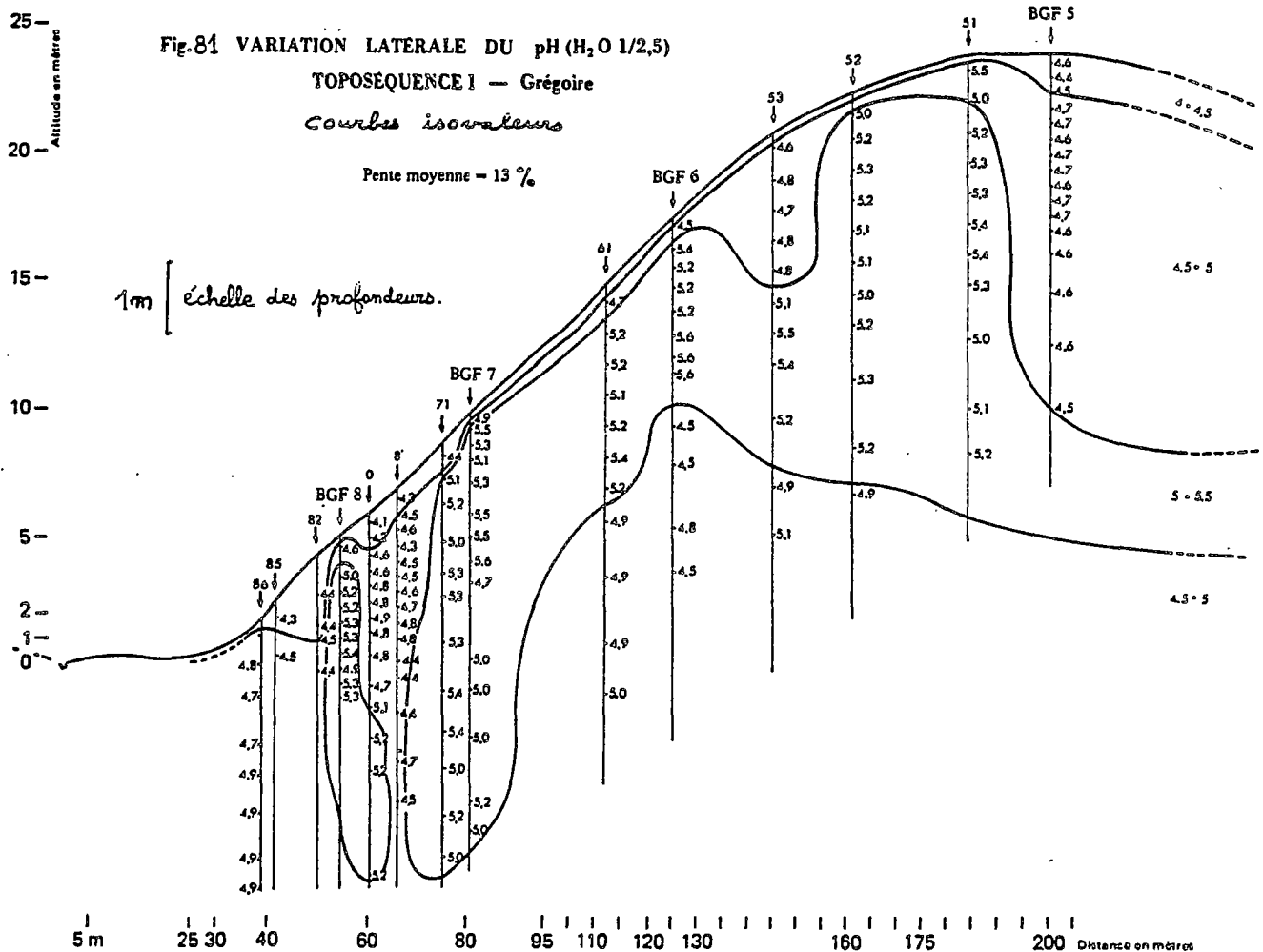


Fig. 80 : VARIATION LATÉRALE DE LA POROSITÉ TOTALE DES MOTTES
EN % DANS LA TOPOSEQUENCE I DE GREGOIRE.

4.4. VARIATION LATÉRALE DU pH (figure n°81)

Dans la toposéquence étudiée, le pH présente dans chaque profil une valeur minimale dans les horizons supérieurs humifères, plus ou moins pourvus en matière organique et les plus poreux.

Ces sols sont très acides, puisque le pH reste compris entre 4,3 (BGF 8') et 5,6 (BGF 6). De tels pH montrent d'une part, que la réduction du fer est largement favorisée dans un tel contexte ; d'autre part, que des complexes organo-métalliques et plus particulièrement organo-ferriques ont la possibilité de se former et sont susceptibles de migrer dans un milieu si acide, tandis qu'ils précipiteraient dans un milieu où le pH approcherait une valeur correspondant au point isoélectrique.



4.5. VARIATION LATÉRALE DE LA CAPACITÉ D'ÉCHANGE ET DE LA SATURATION EN BASES DU COMPLEXE ABSORBANT (tableaux n°8 à 22 en annexe)

La capacité d'échange est liée à la quantité et à la nature des fractions argileuses et organiques présentes dans la séquence. On constate, d'amont en aval, une augmentation très nette des valeurs de la capacité d'échange ; ce résultat découle de la quantité plus importante des fractions argileuses en bas de versant et reste lié au lessivage oblique des sols de l'amont de la séquence. La capacité d'échange atteint 10,95 milliéquivalents au niveau de l'horizon illuvial argillique du profil BGF 8' (120-130 cm), et jusqu'à 14,8 mé (100-110 cm) pour le profil BGF 0 avec 59,2 % d'argile.

La saturation en bases du complexe absorbant

Les taux de saturation augmentent sensiblement vers l'aval de la séquence ; ils sont liés aux capacités d'échange plus élevées des profils de bas de pente (BGF 8', 0).

Dans les profils du haut de versant et du sommet de pente (BGF 5), les taux de saturation décroissent très régulièrement des horizons supérieurs vers la profondeur.

La variation latérale dans la séquence et l'enrichissement relatif de la partie aval sont des caractères qui viennent aussi dans le sens d'un appauvrissement en bases des horizons supérieurs et de moyenne profondeur des profils situés en amont de la toposéquence.

4.6. LES DISTRIBUTIONS GEOCHIMIQUES LATÉRALES

4.6.1. Répartition du fer total

Les différentes observations réalisées tant sur le plan morphologique que micromorphologique et les données analytiques sur la granulométrie ont mis en évidence un appauvrissement en argile des horizons supérieurs des profils verticalement dans tous les sols de la toposéquence d'une part, et d'autre part, la formation vers le bas de la séquence de profils à horizons médians compactés (donc à drainage vertical ralenti voire bloqué) jusqu'à la formation d'un véritable "bouchon" argillique. L'étude micromorphologique a de plus révélé une déstructuration très rapide des horizons verticalement dans tous les profils et s'accroissant vers l'aval de la séquence, de même que la compacité extrêmement forte qui résulte de l'envahissement du plasma déstructuré par des quartz finement fissurés, morcelés et éclatés. L'examen morphologique et l'étude micromorphologique ont également permis de noter la présence de ségrégation d'hydroxydes de fer sous forme de taches, de nodules plus ou moins indurés et de concrétions. L'étude micromorphologique a clairement révélé que cette accumulation de fer est liée à la distribution de l'argile.

La figure n°82 (page suivante) nous montre la répartition verticale du fer total dans les profils BGF 5, 6, 7 et 8'. On constate pour tous ces profils une variation verticale de la teneur en fer total qui se fait parallèlement à la variation de la teneur en argile. Cette variation verticale de la teneur en fer total est commune à l'ensemble

des profils de la toposéquence I de Grégoire.

Fig. 82- RÉPARTITION VERTICALE DU FER TOTAL

Toposéquence I - GREGOIRE

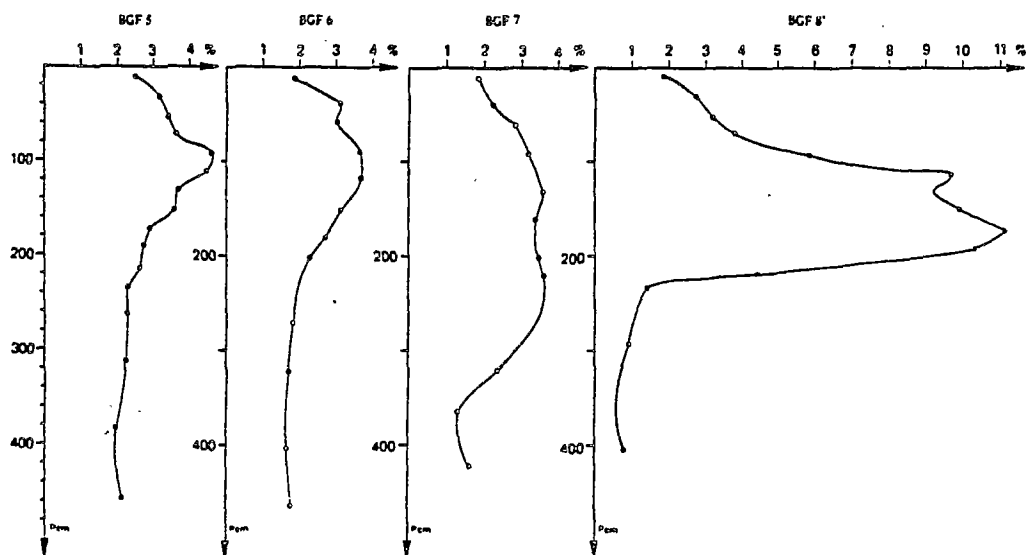
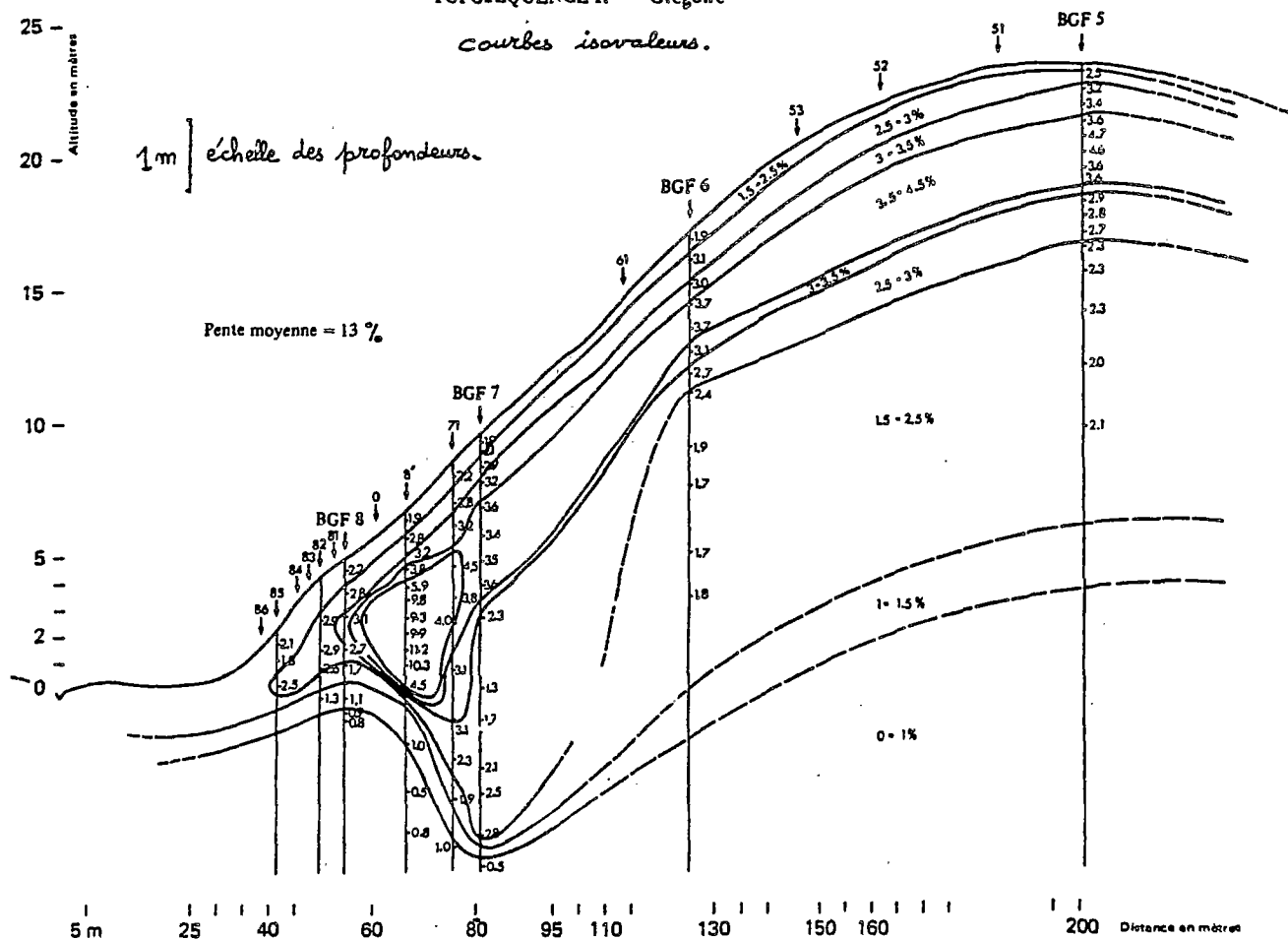


Fig. 83- FER TOTAL EN % DISTRIBUTION LATÉRALE

TOPOSEQUENCE I. - Grégoire

Courbes isovaleurs.



De l'amont vers l'aval de la séquence, on observe également une variation latérale de la teneur en fer (fig. n°83). On constate une augmentation progressive de cette teneur qui atteint son maximum dans l'horizon argileux au niveau des profils BGF 8' et 0 (entre 100 et 227 cm).

46.2. Variation du résidu total à l'attaque triacide

Le résidu total qui correspond au squelette résiduel de quartz et de feldspaths et qui est un indice du degré d'altération de la roche varie verticalement dans les profils et latéralement dans la séquence.

Verticalement, le résidu total diminue d'abord avec la profondeur, puis augmente ensuite ; cette diminution est plus rapide et plus nette dans les sols de la partie aval de la séquence (BGF 8'). Cette variation verticale avec la profondeur n'est pas régulière et le profil de répartition du résidu total montre des horizons préférentiels d'altération (horizons de départ, appauvris ou lessivés) ; ce sont les horizons supérieurs des profils amonts de la séquence qui sont de ce point de vue intéressés.

Latéralement, on note aussi une diminution relative de la teneur en résidu total, de l'amont vers l'aval de la séquence. Cette variation latérale souligne également le départ de produits d'altération secondaires à partir de l'amont de la séquence (BGF 5) par appauvrissement de ces horizons supérieurs et l'accumulation relative de ces produits dans la partie aval de la séquence.

Ces observations indiquent, dans la toposéquence I de Grégoire, l'existence de deux domaines géochimiques distincts : un *domaine amont* et sub-superficiel d'*éluvation* et un *domaine aval d'illuviation et de transformation*.

46.3. La silice et l'alumine

De même que pour l'argile, le résidu total ou le fer, une variation latérale très nette est observée dans la séquence pour les valeurs de la silice et de l'alumine solubles au réactif triacide (tableaux n°38 et 39 en annexe).

Cette variation est de 1 à 3 et joue dans le sens d'une augmentation des teneurs en silice et en alumine de l'amont vers l'aval de la séquence. La figure 84 montre les variations verticales (et latérales) de ces teneurs.

Ces observations tendent à confirmer la présence de deux domaines géochimiques à l'échelle du versant. On distingue :

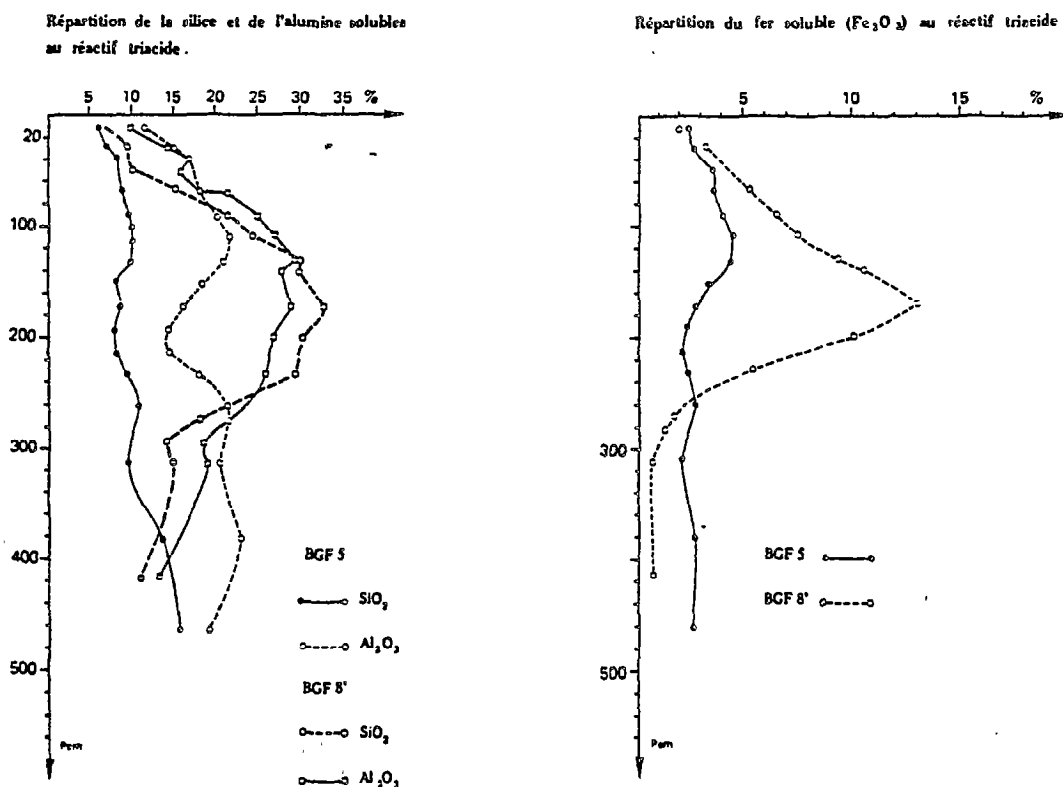
- Un milieu relativement pauvre en ces éléments, localisé en amont de la séquence et particulièrement dans les horizons supérieurs lessivés (BGF 5) à excès d' Al_2O_3 (gibbsite).

- Un milieu trois fois mieux pourvu environ en ces éléments, particulièrement dans les horizons d'accumulation, illuviaux du bas de versant à équilibre $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de l'ordre de 2.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ qui reste voisin de 1 sur tout le profil amont augmente vers l'avâl de la séquence et tend vers 2 particulièrement dans l'horizon Bt argillique de BGF 8' ; il tend donc à indiquer une accumulation préférentielle de la silice en bas de versant.

L'examen des courbes de la figure 84 va donc dans le sens des observations précédentes et semble bien confirmer l'existence d'au moins deux milieux géochimiques distincts à l'échelle du versant, à savoir un milieu d'altération et d'appauvrissement (*  luvation*), localisé aux horizons supérieurs des profils situés en amont de la séquence ; la présence de ce milieu se manifeste par l'existence d'une accumulation relative des minéraux primaires (résidu total élevé), principalement constitué de quartz ; c'est la zone de départ par *lessivage* (terme pris dans le sens pédologique de transfert de particules solides fines), des produits d'altération secondaires avec entraînement préférentiel de l'alumine. Le deuxième milieu est une zone d'accumulation relative (*illuvial*) et de transformation de ces éléments et qui se situe au 1/3 inférieur et au bas de versant de la même séquence.

Fig. 84 - TOPOSEQUENCE I - GREGOIRE



5 - DONNEES DE FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE

5.1. LE NIVEAU DES NAPPES

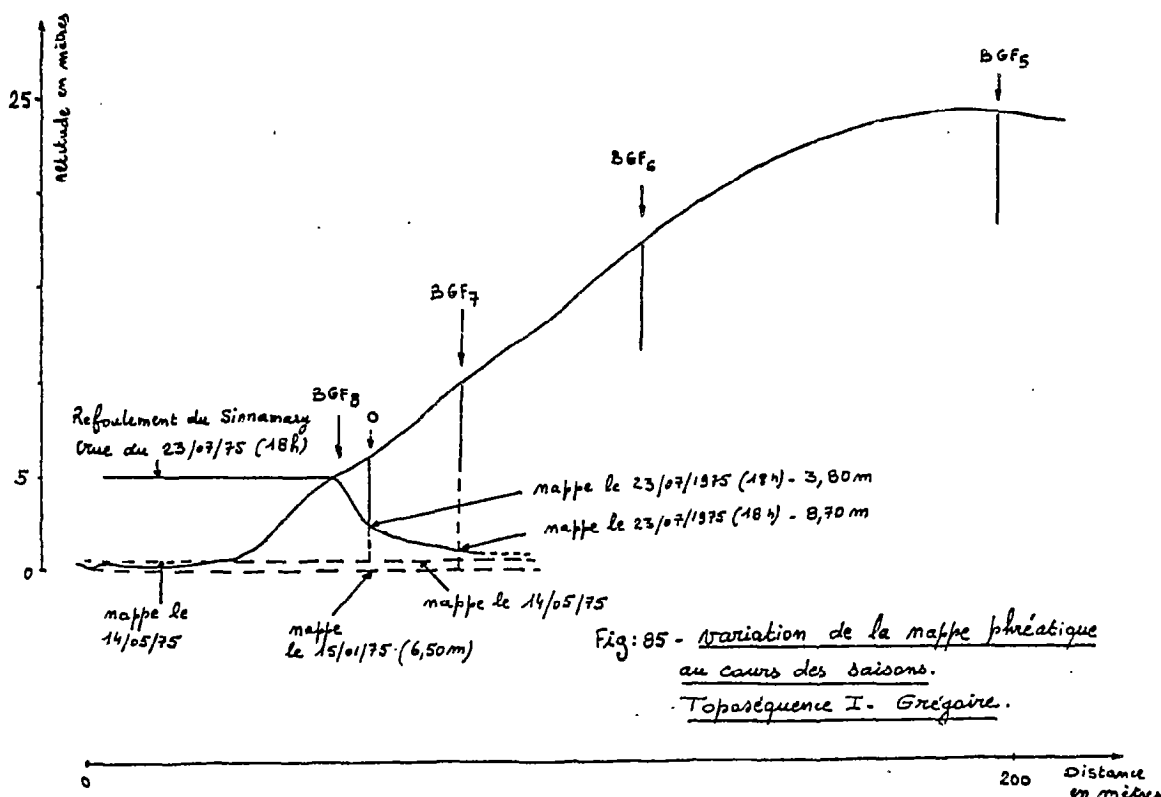
Parallèlement à la caractérisation hydrique saisonnière des profils BGF 5, 6, 7 et 8', nous avons tenté de repérer les variations de la nappe phréatique au cours des saisons et particulièrement lors des grandes crues du Sinnamary et consécutivement de la crique Grégoire.

Pour ce faire, un piézomètre a été installé au fond de la fosse pédologique BGF 0. Des sondages effectués à différents niveaux de la toposéquence I permettent également de suivre les variations latérales dans le versant.

La figure 85 montre les niveaux maximums et minimums atteints par la nappe phréatique respectivement les 16 janvier, 14 mai et 23 juillet 1975.

Le 23 juillet (grande saison des pluies), une forte crue du Sinnamary provoqua le refoulement des eaux de la crique Grégoire et de ses affluents et l'inondation des bas-fonds. Le profil de répartition de la nappe phréatique dans le bas du versant a tendance à coïncider avec la base des horizons argileux. Le niveau maximum atteint par la nappe servirait de plancher au niveau d'accumulation d'argile et au blocage de son transport mécanique.

En BGF 0, le niveau maximum atteint par la nappe se situe à 3,80 m de la surface tandis que cette dernière, lors du même événement du 23 juillet n'est rencontrée qu'à 8,70 m au niveau du profil BGF 7. Le 15 janvier 1975 la nappe n'était rencontrée qu'à 6,50 m de profondeur, dans l'altérite du profil BGF 0.



5.2. CONCLUSION SUR LA DYNAMIQUE DE L'EAU A L'ECHELLE DU VERSANT DE LA TOPOSEQUENCE I

Teneurs en eau :

Les teneurs en eau aux extrema saisonniers et au pF 4,2 augmentent normalement avec la teneur du sol en éléments fins. Ainsi les teneurs pondérales sont de 15 % dans les horizons BC et C (15 % d'argile), 20 % dans les horizons B argileux de BGF 5,6 et 7 (40 % d'argile environ), pour atteindre 35 % en BGF 8' (60 % d'argile). En surface elles sont de 30 % environ. Le pF 4,2 des horizons argileux passe de 20 % (BGF 5) à 40 % (BGF 8').

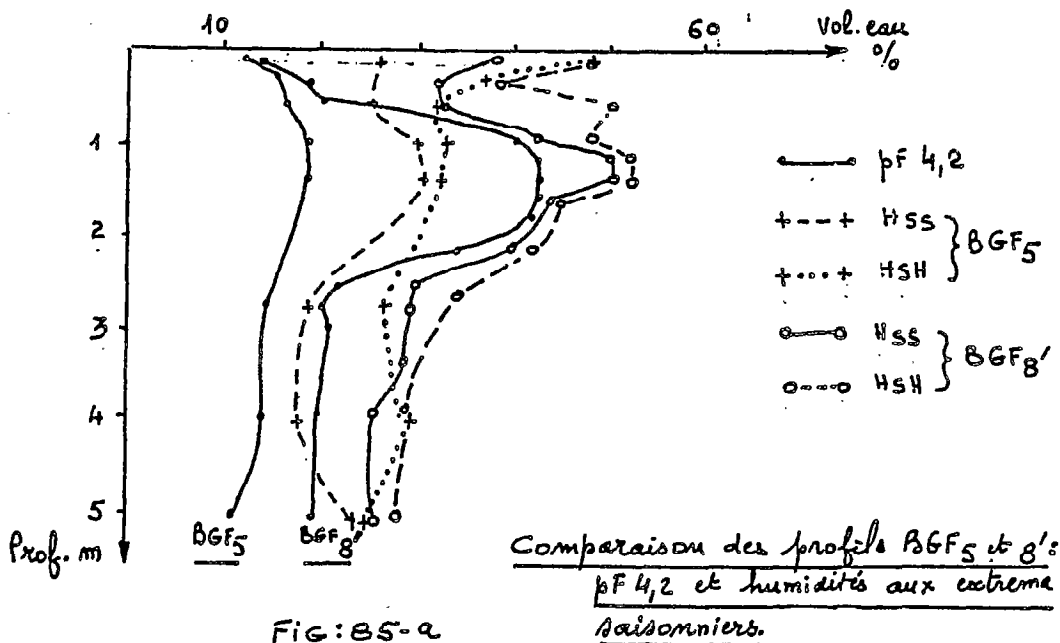


FIG: 85-a

Energie de rétention :

Le pF 4,2 n'est généralement pas approché (sauf dans les horizons argileux de BGF 7). Dans les horizons BC et C, en sommet de colline, la teneur en eau est en saison pluvieuse peu inférieure à la saturation des mottes (porosité totale des mottes). Elle correspond vraisemblablement à la capacité au champ. En saison sèche, elle diminue notablement. Sur le versant, la teneur en eau varie peu autour d'une valeur intermédiaire entre le pF 4,2 et la saturation des mottes et qui pourrait se situer aussi dans la zone de capacité au champ.

Partout en surface ainsi qu'à la partie supérieure de l'horizon argileux en BGF 8', la saturation des mottes est dépassée et le sol est vraisemblablement au voisinage de la saturation totale.

Variation saisonnière :

Elle atteint 5 m de profondeur au sommet de colline puis 1 à 2 mètres seulement sur le versant. Toutefois, une différence faible mais significativement positive s'observe plus profondément entre juillet (maximum des précipitations) et octobre (saison sèche). La variation saisonnière est de 320 mm en sommet de colline, 120 mm en BGF 6, soit respectivement 20 % et environ 15 % du stock d'eau de la tranche 0-5 m (1520 mm et 1400 mm). Elle est de 360 mm en BGF 8', soit environ 25 % du stock d'eau retenue au mois de juillet (1600 mm).

Reconstitution des flux mus par gravité :

Une humidité proche de la capacité au champ, avec un léger excédent en période pluvieuse est l'indice d'un drainage vertical profond et rapide. Cette situation s'établit plus longuement sur le versant qu'au sommet de la colline. *Une circulation latérale sur le versant est donc probable* et expliquerait la variation saisonnière moins marquée sur le versant (évapotranspiration en partie compensée par cet apport oblique). L'apport latéral pourrait se faire par la tranche superficielle saturée (périodes pluvieuses) puis au sommet des horizons argileux de BGF 8' (toutes périodes). C'est pourquoi une case de recueil de flux oblique (case ERLO) a été placée à ce niveau (voir résultats plus loin).

Au total, on sera amené à considérer deux flux gravitaires associés lors de notre essai de modélisation : un drainage vertical profond et un écoulement latéral superficiel puis interne.

- *Le drainage vertical* se produit pendant la saison des pluies sur l'ensemble de la toposéquence et il se poursuit en bas de versant pendant (une partie de) la saison sèche où il est alimenté par l'écoulement latéral.

- *L'écoulement latéral* se produit en périodes pluvieuses en surface (ruissellement) et dans les horizons supérieurs subsaturés, et il se prolonge même en saison sèche en bas de versant au sommet des horizons argileux.

Ces flux gravitaires sont modulés par le flux d'évapotranspiration. Celui-ci s'exerce uniformément sur les différentes parties de la toposéquence. Il déterminera une variation saisonnière plus profonde et plus importante dans la zone sommitale qui ne reçoit pas d'apport latéral.

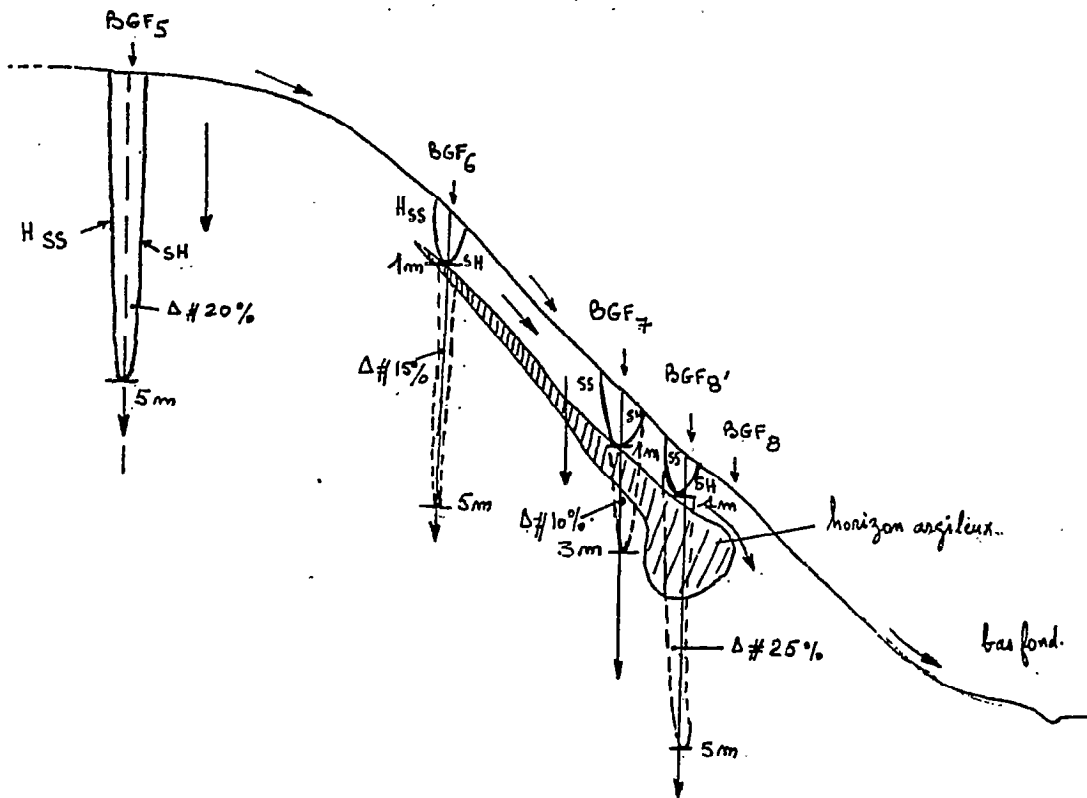


Fig. 85-b. Variation saisonnière (Δ) du stock d'eau retenue et profondeur de l'influence saisonnière dans la toposéquence I de Belgique.

En conclusion, mise à part la dessiccation de la partie médiane des profils (le phénomène est reconnu à partir de BGF 6), les profils du versant sont le siège de circulation d'eau plus importantes en durée que le profil du sommet. Une partie de l'eau reçue en amont se redistribue donc sur le versant essentiellement sous forme de flux latéraux superficiels et subsuperficiels. Au cours de la différenciation pédologique latérale, la formation d'horizons argileux de plus en plus nets vers l'aval conduit à des états de saturations localisés à la partie supérieure de ces horizons ; un écoulement latéral interne se manifeste au sommet de ces horizons argileux.

Au total, il y a donc de l'amont vers l'aval, modification du comportement hydrodynamique des sols... On passe d'un drainage essentiellement vertical et profond en sommet de pente à des circulations superficielles et subsuperficielles plus importantes en durée dans le versant jusqu'à une possible circulation latérale interne au niveau supérieur des horizons argileux dans le bas de versant.

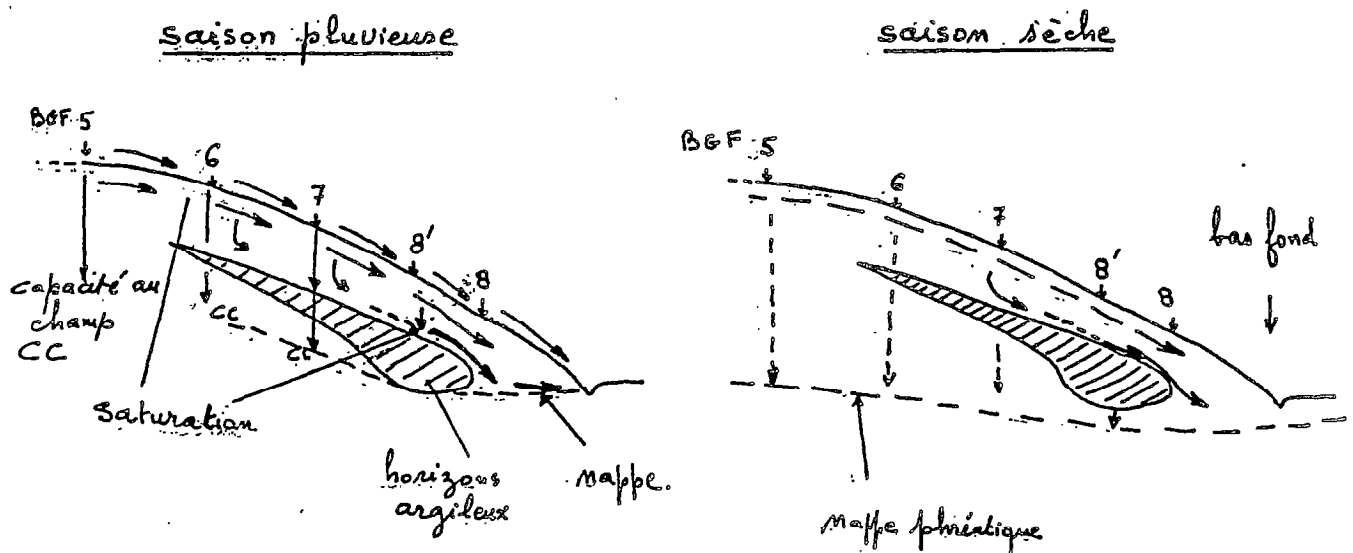


Fig. 85-C Schéma des flux gravitaires au cours des saisons dans la toposéquence I de Grégoire.

5.3. LE BILAN DE LA CASE ERLO

53.1. Rappel sur les écoulements gravitaires d'eau dans le sol (figure n°17)

Nous ne présenterons ici qu'un résumé de ces données largement exposées dans les différentes publications de ROOSE (1964 à 1974).

Lorsqu'une pluie P tombe sur un sol, une part de cette eau ruisselle en surface (R) tandis que l'autre part s'infiltré verticalement, c'est le drainage vertical (DV). Mais une fois atteinte, la capacité au

champ de l'horizon supérieur et la saturation, une partie de l'eau libre s'infiltrant verticalement dans cet horizon peut entamer un mouvement oblique suivant la pente du terrain ; c'est le drainage oblique (DO).

Dans la très grande majorité des cas, les sols sur granito-gneiss en Guyane Française présentent un horizon de moyenne profondeur nettement moins perméable que les horizons de surface. Au niveau moins perméable il se forme parfois une nappe temporaire perchée qui peut mettre plusieurs jours, voire plusieurs semaines avant de se tarir à la fin des pluies, ce qui explique l'écoulement continu de certaines petites "criques" en Guyane et plus particulièrement la crique du micro-bassin expérimental de Grégoire durant les périodes sèches prolongées ; en effet, nous n'avons jamais assisté à un tarissement de ce petit cours d'eau.

Dans notre case ERLO, l'ensemble des fosses de récupération des eaux de ruissellement et de drainage oblique est protégé par un toit ; il existe en amont de la fosse de drainage oblique une bande de sol d'environ 30 cm de large protégée des eaux de pluie par le dépassement de ce toit en tôle. Les eaux recueillies dans les gouttières de réception ne peuvent donc théoriquement provenir que d'un apport oblique des eaux circulant librement en amont de la parcelle. On ne recueillerait pas de drainage vertical. De même, les eaux de ruissellement recueillies dans le canal de réception ne peuvent s'infiltrer sous le canal, ce dernier étant plastifié.

531.1. Ruissellement

Le ruissellement dépend directement de l'intensité des pluies. Il s'arrête assez rapidement à la fin des précipitations atmosphériques. C'est un écoulement rapide, à la surface du sol.

531.2. Nappe phréatique

La nappe phréatique assure l'écoulement de base d'une rivière permanent par l'intermédiaire de sources visibles ou occultes. C'est le cas le plus général d'écoulement dans un sol constitué par un horizon perméable surmontant un niveau très imperméable. La *nappe phréatique permanente* a été rencontrée au bas des toposéquences I, II et III de Grégoire, sa position varie au cours des saisons.

531.3. Écoulement intermédiaire

Ces écoulements se situent entre les deux types d'écoulements précités. On distingue parmi eux :

- Le ruissellement hypodermique :

Ce ruissellement peut se produire quand certains sols présentent à faible profondeur un niveau nettement moins perméable que la partie supérieure du profil. Les eaux de pluie engorgent l'horizon poreux, le saturent. Les profils hydriques de Grégoire rendent compte de l'éphémérité de cet état de saturation, qui serait en fait causé par la réorganisation (pelliculaire) de la structure des horizons B, telle qu'elle nous a été révélée par l'analyse microstructurale.

Dans le cas d'inégalité de terrain ou plus généralement de variations macro et micromorphologiques introduites par la différenciation pédologique latérale à l'échelle du versant, il peut se former des micro-nappes temporaires perchées dont les eaux en charge s'écouleront obliquement au niveau supérieur de l'horizon moins perméable. Cet écoulement expliquerait le blanchissement des sables des horizons superficiels de certains sols sur granito-gneiss en Guyane française. Le ruissellement hypodermique est très fort dans les sols ferrallitiques du bassin versant de Grégoire. Il est légèrement en retard par rapport au ruissellement de surface.

- Le drainage oblique

Le drainage oblique est le cas général de l'écoulement interne des eaux quand, la perméabilité diminuant de plus en plus avec la profondeur dans le profil, il se forme de petites accumulations d'eau libre au-dessus de chaque horizon. Suivant la pente, il peut y avoir écoulement oblique de l'eau. Ces écoulements sont limités et s'arrêtent quelques minutes à quelques heures après l'arrêt des pluies.

- Les nappes perchées

L'existence des nappes perchées est due à un niveau d'imperméabilité totale (certaines cuirasses latéritiques, certains niveaux d'altération du bed-rock, certains niveaux d'accumulation d'argile, certains horizons compactés par envahissement du plasma par des micro-quartz pulvérulents, etc...) surmonté par un ou plusieurs horizons poreux et relativement plus perméables. Les eaux d'infiltration bloquées dans leur drainage vertical, s'accumulent à ce niveau. Les écoulements alimentés par ces nappes peuvent durer *plusieurs mois* après l'arrêt des saisons pluvieuses en ce qui concerne les formations géomorpho-pédologiques étudiées à Grégoire. Ce sont en particulier ces écoulements qui alimentent les petites criques affluentes de la crique Grégoire et également celle du micro-bassin dont nous n'avons jamais vu l'assèchement.

Ce cas est également fréquent dans d'autres parties du massif des Guyanes (Territoire Fédéral de l'Amazonie du Venezuela). Ces nappes jouent un rôle très important dans l'évolution des sols, tant du point de vue des caractéristiques physiques que géochimiques ; elles contribuent en effet à la différenciation pédologique latérale à l'échelle du versant.

53.2. Rappel sur les conditions d'obtention et la signification des résultats

a) Le dispositif de recueil de l'eau ruisselée et le dispositif associé de récupération des flux obliques à différentes profondeurs a été décrit dans le chapitre I.

- Le flux ruisselé est recueilli sur 6 mètres de largeur, à l'aval d'une parcelle longue de 25 mètres protégé du ruissellement extérieur.

- Les flux obliques sont recueillis sur 2 mètres de largeur à l'aval de la même parcelle et ils englobent au contraire les eaux venues de l'amont de la parcelle (la ligne de partage des eaux est à une distance de 150 mètres des gouttières de récupération).

- Les mesures et les prélèvements ont été effectués deux fois par jour (6h et 18h) pendant les deux années de campagnes.

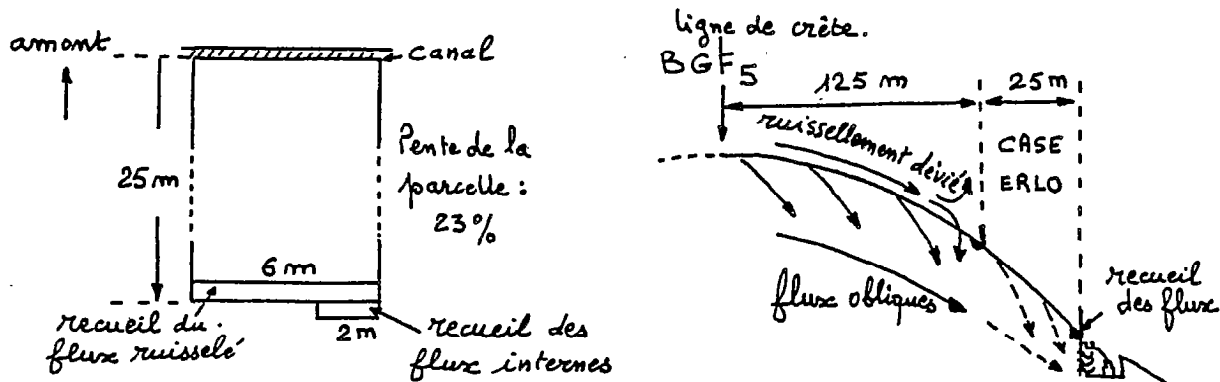


Fig: 86. Parcelle ERLO. Vue en plan. et coupe schématique.

b) La case ERLO est située à la partie inférieure de la toposéquence I, sous forêt intacte, au niveau des profils BGF 8 et 8'. La couverture de sol présente à ce niveau les caractéristiques suivantes :

Verticalement (BGF 8')

- Horizons superficiels poreux (perméables) et à enracinement dense, de 20 cm d'épaisseur, présentant des sables quartzeux lavés témoignant d'un ruissellement hypodermique effectivement observé pendant les averses.
- Horizon médian compact, peu perméable et sans racine présentant des marques d'illuviation d'argile et un barriolage de plus en plus accentué jusque vers 2 m de profondeur.
- Un matériau barriolé, très rapidement moins argileux, très peu poreux, à cailloux de quartz.

Latéralement (BGF 8) et progressivement

- Une diminution d'épaisseur des horizons médians illuviés, avec consécutivement :
- le matériau barriolé de moins en moins profond (1 m) ;
- une nappe phréatique pouvant remonter jusqu'à 3,8 m (niveau observé le 23 juillet 1975 en BGF 0, figure 85).

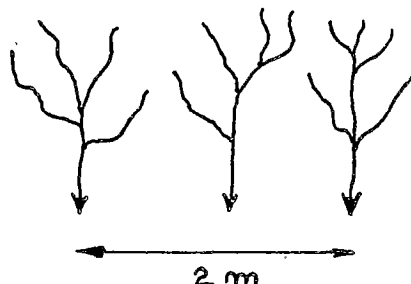
c) Le dispositif de recueil des eaux de ruissellement (et des matières transportées par ces eaux dont son nom de case d'Erosion) concerne une parcelle de 150 m², isolée des flux de ruissellement extérieurs. Il ne caractérise donc pas le phénomène dans les conditions naturelles mais permet de comparer le comportement de milieux différents, où des dispositifs identiques ont été installés. On comparera donc les résultats obtenus ici en Guyane à ceux de ROOSE, 1980, obtenus en Afrique.

d) *Le dispositif de recueil des flux internes*, dit de lessivage oblique, caractérise au contraire un phénomène naturel (pas de déviation de flux venant de l'amont), s'il est protégé des flux superficiels d'une part et si la fosse ne draine pas latéralement le flux vertical (naturel). Or, le dispositif n'offre pas ces garanties :

+ *Un flux d'eau ruisselée* peut rejoindre les gouttières par des chenaux naturels, ou par des chenaux résultant des perturbations du sol lors de la mise en place du dispositif et cela, malgré toutes les précautions prises.

+ *Le drainage vertical* étant ralenti dans ce type de sol, la fosse pourra drainer gravitairement les accumulations d'eau proches du dispositif (volume recueilli fonction du ralentissement).

Par ailleurs, ce dispositif caractérise 2 m linéaires de versant, suivant la courbe de niveau. Si les écoulements obliques internes sont concentrés, le volume recueilli ne sera représentatif des écoulements que si la largeur de recueil est nettement supérieure à l'espacement des filets d'eau. La position de la case ERLO en bas du versant, là où les flux obliques internes peuvent être très hiérarchisés, d'espacement métrique ou plus, fait que la représentativité des écoulements recueillis n'est pas assurée. D'autre part, la fermeture de la parcelle à l'amont prive sur 25 m le flux oblique interne de ses apports naturels par le ruissellement.



Enfin, ROOSE (1980) considère qu'un dispositif ERLO n'est stabilisé (représentatif des conditions naturelles) qu'au bout de 3 ans environ. Nous exprimons donc ici une réserve sur les résultats obtenus.

53.3. Les résultats des campagnes 1974-1975

533.1. Données pluviométriques

5331.1. Totaux annuels et mensuels

Le tableau n°42 indique les précipitations mensuelles et annuelles recueillies de 1968 à 1975. La figure n°87 présente graphiquement les variations des pluviosités mensuelles sur le site de Grégoire.

(Voir tableau n° 42 et figure n° 87 page suivante).

Tableau n° 42. Précipitations sur le site de GREGOIRE - mm.

ANNEE	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Moyenne
J	491,5	372,5	464,5	485,5	477,5	83,2	541,7	320,6	404,6
F	347,0	333,0	545,0	574,0	434,5	141,7	218,6	287,5	356,4
M	379,5	366,0	523,5	668,5	333,5	173,0	230,3	202,1	359,5
A	367,5	294,5	511,5	426,5	514,0	251,1	265,5	184,6	351,9
M	400,5	606,5	514,0	480,0	651,0	594,3	161,1	435,7	480,4
J	472,0	338,5	495,5	478,0	395,5	533,6	349,8	515,2	457,3
J	278,5	140,5	227,0	374,5	220,0	261,7	288,0	340,5	266,3
A	230,5	194,5	220,5	123,0	234,5	292,4	147,8	212,5	207,0
S	213,5	80,5	143,0	96,1	149,5	255,9	150,9	169,4	157,2
O	119,5	44,0	101,0	172,0	100,0	301,8	202,5	86,8	140,9
N	232,5	113,5	70,5	204,9	223,5	262,9	201,6	222,7	191,5
D	339,0	154,0	237,0	242,1	274,0	401,7	484,1	224,1	294,5
Total	3.871,5	3.038,0	4.023,0	4.325,1	4.007,5	3.552,3	3.271,9	3.281,7	3.671,4

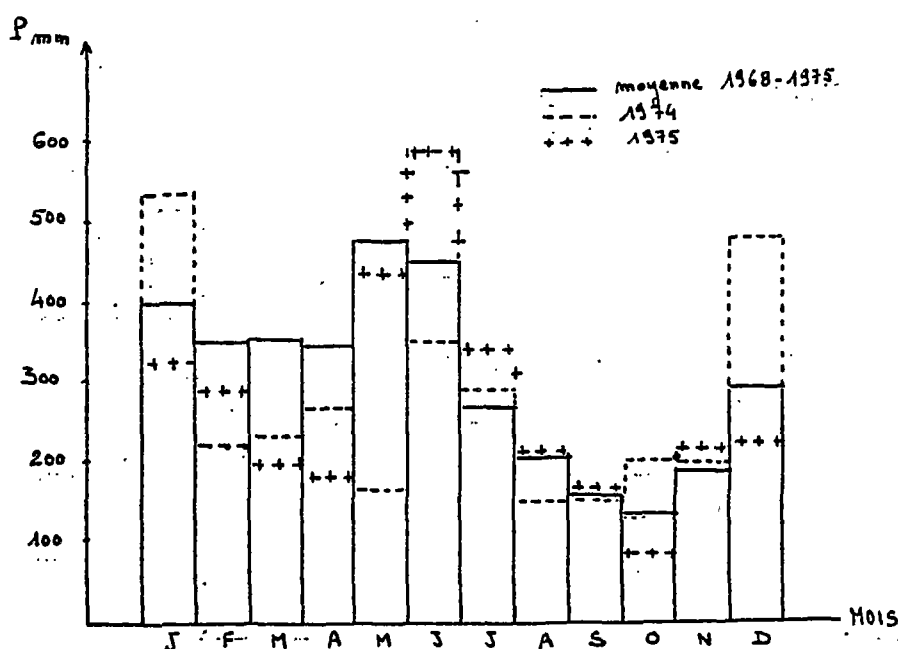


Fig. n°87. Comparaison des pluviosités mensuelles à la station de GREGOIRE.

Commentaire :

Les années 1974 et 1975 sont légèrement déficitaires par rapport à la moyenne 1968-1975 (3.272 et 3.282 mm contre 3.671 mm). Les totaux mensuels de 1974 et 1975 sont proches des moyennes 1968-1975 en saison sèche (juillet à novembre) ; par rapport à ces moyennes, l'année 1974 a été plus pluvieuse de décembre à février (petite saison des pluies) et moins de mai à juillet (grande saison des pluies). L'année 1975 a été

Tableau n° 43. REPARTITION MENSUELLE DES CLASSES DE HAUTEUR DE PLUIE EN mm.
ANNÉES 1974 et 1975. GREGOIRE.

Classes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total 1974
0-10	7	12	16	17	15	16	16	13	10	15	15	13	171
10-20	11	4	2	3	4	9	7	2	5	3	4	5	59
20-40	7	3	4	2	1	3	5	2	2	1	4	4	38
40-60	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	0	2	10
60-100	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3
+ de 100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nbre de Pluies	27	20	23	24	21	29	28	23	17	21	23	26	282
Pluies érosives	11	7	6	7	3	9	9	2	4	7	9	18	92
Classes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total 1975
0-10	17	16	17	17	11	10	12	16	11	13	9	16	165
10-20	7	2	3	5	6	8	8	3	3	1	4	3	53
20-40	3	6	3	1	4	5	5	2	1	1	2	3	36
40-60	1	1	1	1	4	2	0	1	0	0	2	0	13
60-100	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	1	6
+ de 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nbre de Pluies	28	25	24	24	25	28	26	22	16	15	17	23	273
Pluies érosives	17	12	10	8	13	16	12	11	6	1	6	5	123

Tableau n° 44. PLUVIOSITÉ JOURNALIÈRE DE GREGOIRE en mm. Année 1914.

- Station météo -

	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Jun.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1	14,5	0,0	0,0	0,4	0,0	7,3	6,4	2,7	0,1	2,4	3,1	0,1
2	35,7	0,0	0,4	21,5	0,0	6,2	9,7	8,1	0,0	7,0	0,2	0,0
3	3,9	0,0	0,2	86,5	0,0	3,2	24,6	9,2	5,8	12,0	0,0	0,0
4	48,7	0,0	0,0	50,3	0,0	9,5	12,0	24,0	2,9	4,5	1,2	3,0
5	48,2	26,8	0,0	12,7	0,0	29,6	1,3	25,6	2,0	13,3	0,0	14,7
6	16,3	2,1	0,0	0,5	0,4	1,6	0,1	0,0	10,6	12,0	0,0	32,8
7	29,1	0,4	3,1	13,0	0,4	2,1	0,0	9,3	0,0	0,0	20,4	0,0
8	2,0	0,0	3,4	5,8	14,4	15,7	14,9	1,8	0,0	12,0	1,0	1,0
9	14,4	0,7	1,5	0,8	16,0	12,2	1,3	0,3	17,0	1,8	0,0	0,0
10	14,9	3,8	19,7	4,9	43,4	0,0	13,6	0,0	1,4	0,2	9,0	45,3
Total	477,7	43,8	28,3	196,4	80,6	87,4	84,9	83,0	55,5	29,2	33,3	36,9
11	25,6	41,5	23,6	0,0	10,8	5,7	1,8	25,2	3,0	22,6	13,9	13,9
12	10,6	24,2	1,8	0,5	0,1	35,0	8,7	15,5	44,7	13,2	8,6	8,6
13	3,9	10,4	0,2	0,0	0,5	9,1	4,2	2,5	0,0	3,4	1,3	1,3
14	17,3	5,0	0,3	4,7	1,3	0,3	6,0	0,0	0,0	13,0	2,5	2,5
15	34,3	0,0	0,4	2,6	4,5	18,4	1,0	2,7	24,3	1,6	8,0	0,4
16	0,6	1,3	0,0	12,2	5,5	13,0	6,2	0,6	0,0	0,1	4,3	3,7
17	0,0	2,9	0,0	3,2	12,0	25,8	2,8	7,0	9,0	0,0	4,3	14,2
18	0,0	0,4	0,0	26,8	0,0	19,2	2,0	0,1	12,0	4,1	1,4	14,5
19	0,0	0,1	0,3	0,2	0,1	6,7	1,1	0,4	1,6	1,9	12,0	13,2
20	35,3	0,0	8,5	2,7	3,0	50,4	24,8	0,0	0,7	12,0	2,0	1,8
Total	127,6	85,8	35,1	52,9	25,8	183,6	69,7	30,7	76,3	100,4	72,2	71,1
21	16,8	15,6	2,6	5,8	12,0	2,2	12,9	0,0	14,5	4,2	1,0	1,6
22	3,8	12,7	0,1	1,0	2,6	1,2	4,7	0,0	12,0	10,2	19,2	32,0
23	18,4	30,9	0,0	6,3	0,0	12,9	2,5	0,0	2,6	30,2	16,0	84,7
24	35,3	16,0	2,7	0,8	0,5	4,2	0,1	0,0	0,7	0,7	5,0	87,3
25	6,3	5,1	5,0	12,0	0,0	19,2	25,8	0,0	0,0	0,0	9,4	1,5
26	10,5	8,5	16,0	0,2	2,5	1,3	12,0	0,0	0,0	13,0	0,5	0,3
27	125,0	0,1	48,0	2,1	0,4	0,2	22,6	0,7	0,0	2,5	0,1	0,0
28	36,1	0,0	28,8	0,0	15,3	17,8	21,0	6,1	6,0	12,0	0,0	23,6
29	0,0	25,1	0,0	1,1	12,7	16,0	5,5	0,0	0,0	23,5	6,3	6,3
30	14,8	30,0	0,0	30,6	12,7	17,1	17,8	19,0	0,0	2,5	20,8	56,3
31	0,4	0,6	0,6	1,7	1,7	12,0	12,0	0,0	0,8	0,8	22,5	22,5
Total	264,4	83,0	166,3	16,2	54,7	78,8	133,4	20,1	13,1	72,9	95,5	316,1
Total mensuel	571,7	218,6	230,3	265,5	161,1	343,0	288,0	147,5	150,3	202,5	201,6	484,1
Moyenne mensuelle (1968-1915)	480,3	356,4	359,5	351,9	480,3	457,2	266,3	206,9	157,2	140,9	191,4	294,5

Total annuel 1914 : 3.271,3 mm.

Total annuel moyen 1968/1915 : 3.671,3 mm.

Tableau n° 45. PLUVIOSITÉ JOURNALIÈRE DE GREGOIRE en mm. Année 1915.

- Station météo -

	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Jun.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1	4,7	0,0	1,8	0,0	42,1	10,0	64,3	4,5	0,0	2,5	19,0	0,0
2	0,0	4,0	1,1	1,8	43,8	87,5	2,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
3	0,0	3,1	6,0	1,0	5,4	5,2	1,6	9,5	0,9	0,0	0,0	23,8
4	0,0	2,0	0,2	0,1	0,0	15,0	0,0	0,2	7,8	7,6	0,0	0,0
5	17,2	0,3	0,1	13,1	1,0	0,0	0,0	9,3	11,0	0,0	1,3	0,0
6	14,2	6,8	1,8	5,0	8,7	4,1	2,5	6,8	2,6	2,6	0,0	0,5
7	7,1	0,4	0,0	6,3	0,0	64,5	30,0	8,0	0,0	0,0	0,0	11,5
8	12,5	12,7	0,0	11,6	0,0	14,1	1,9	1,9	0,0	2,5	0,0	0,5
9	19,1	35,0	0,0	14,5	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7
10	4,0	6,0	10,2	5,0	8,0	14,0	0,0	0,0	1,9	0,2	1,2	2,0
Total	78,8	70,3	20,2	58,5	115,0	205,2	118,1	55,6	33,8	15,6	53,1	58,0
11	7,5	0,0	0,0	0,3	18,8	1,3	28,5	0,0	1,8	2,0	3,5	1,7
12	11,3	3,7	0,0	0,0	24,3	19,5	24,8	0,0	10,2	1,7	0,0	1,3
13	6,7	6,0	0,0	5,9	1,0	20,1	13,8	0,0	0,0	0,0	0,5	1,7
14	8,0	3,0	0,0	11,4	0,0	2,4	5,8	44,8	0,0	10,5	1,0	1,0
15	0,4	14,0	20,3	0,4	1,7	0,1	14,6	14,6	0,0	0,0	0,0	1,2
16	16,2	2,2	0,4	0,0	5,5	2,9	0,6	0,1	13,5	0,0	0,0	0,0
17	32,8	0,9	3,2	6,2	21,1	43,6	15,5	0,4	0,2	0,0	1,2	3,5
18	15,4	6,1	1,5	46,0	58,3	14,2	1,0	5,0	2,4	0,9	0,0	0,0
19	45,8	23,3	32,8	2,0	35,6	25,0	16,5	2,6	3,0	1,6	5,5	0,0
20	0,7	27,9	9,0	0,0	1,0	26,3	0,8	24,0	36,2	4,4	5,3	0,0
Total	165,4	87,1	67,2	72,2	164,9	155,4	118,9	88,5	64,9	12,1	27,4	11,3
21	2,6	25,3	13,0	0,0	3,3	66,7	30,2	7,1	0,0	13,0	10,6	0,0
22	3,9	26,3	5,0	0,0	12,5	0,0	0,0	25,2	1,7	0,0	34,5	2,3
23	0,2	0,3	17,4	5,0	11,3	17,9	20,0	0,0	0,0	0,0	11,2	28,3
24	3,8	9,8	0,4	3,0	18,0	34,3	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0
25	8,6	1,0	2,9	0,6	11,7	28,3	0,0	5,4	2,0	29,5	0,0	3,5
26	25,4	0,0	2,1	0,2	11,6	2,8	3,3	1,0	0,0	7,3	0,0	64,4
27	7,2	27,0	6,1	11,6	8,5	19,8	14,2	18,7	0,0	0,0	43,1	1,0
28	2,1	44,4	4,2	5,7	0,0	4,6	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
29	3,3	20,7	8,7	53,9	0,0	3,2	4,8	0,5	0,0	5,8	24,0	10,5
30	1,3	1,3	0,4	21,4	57,0	10,4	0,0	67,0	0,0	0,0	12,8	38,6
31	18,0	1,6	2,5	2,5	2,5	16,1	0,0	3,5	3,5	3,5	0,2	0,2
Total	76,4	130,1	114,7	53,9	153,8	234,6	103,5	68,4	70,7	59,1	136,2	154,8
Total mensuel	320,6	287,5	202,1	184,6	435,7	575,2	340,5	212,5	169,4	86,8	222,7	224,1
Moyenne mensuelle (1968-1915)	347,6	356,4	359,5	351,9	480,3	457,2	266,3	206,9	157,2	140,9	191,4	294,5

Total annuel 1915 : 3.201,7 mm.

Total annuel moyen 1968/1915 : 3.671,3 mm.

RESULTATS OBTENUS EN CASE ERLO SOUS FORÊT ET SOUS ABATTIS A GREGOIRE.
Tableau n°46. Lame d'eau Ruisselée R et Recueils obliques en mm et en % de l'apport pluvial.
- Année 1974 -

Mois	P mm		RUISSELEMENT			(P-R) mm		RECUEIL OBLIQUE (R.o) en mm/m linéaire/150m.				
	Sous abattis	Sous Forêt	R % Abattis	R % Forêt	R mm Forêt	Abattis	Forêt	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	Total
J du 1 ^{er} au 14/1	571,7	571,7	51,2	51,2	120,70	115,2	115,2	3,61	1,72	0,50	0,23	6,26
J du 14/1 au 31	235,9	235,9										
F	210,6	301,3	15,4	11,2	33,66	184,9	267,6	1,05	-	-	-	1,05
M	230,3	212,5	14,3	15,5	32,90	197,4	179,6	1,18	0,01	0,02	0,10	1,31
A	265,5	238,7	23,7	26,3	62,88	202,6	195,8	0,83	1,12	0,32	0,14	2,41
M	161,1	146,9	9,1	10,0	14,74	146,3	132,2	0,14	-	-	-	0,14
J	349,8	358,1	6,3	6,1	22,05	327,7	336,0	0,42	-	-	-	0,42
J	288	273,1	6,7	7,0	19,28	268,7	253,8	0,23	-	-	-	0,23
A	147,8	144,3	0,2	0,2	0,37	147,4	143,9	0,03	-	-	-	0,03
S	150,9	134,2	6,1	6,9	9,29	141,6	124,9	0,24	-	-	-	0,24
O	202,5	211,7	8,3	7,3	16,79	185,7	194,9	0,24	-	-	-	0,24
N	204,6	204,6	4,5	4,5	9,17	192,4	198,4	0,65	0,08	-	-	0,73
D	484,1	504,0	30,6	29,6	148,36	336,7	353,6	6,82	4,40	1,40	1,20	13,82
Total annuel	3271,9	3235,1										
Total du 14/1 au 31/12	2936,1	2959,3			490,57	2445,5	2468,7	15,44	7,53	2,24	1,67	26,88

RESULTATS OBTENUS EN CASE ERLO SOUS FORÊT ET SOUS ABATTIS A GREGOIRE.
Tableau n°47. Lame d'eau Ruisselée R et Recueils obliques en mm et en % de l'apport pluvial.
- Année 1975 -

Mois	P mm		RUISSELEMENT			(P-R) mm		RECUEIL OBLIQUE (R.o) en mm/m linéaire/150m				
	Abattis	Forêt	R % Abattis	R % Forêt	R mm Forêt	Abattis	Forêt	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	Total
J	320,6	302,7	11,6	12,3	37,2	283,4	265,5	1,62	-	-	0,12	1,74
F	287,5	276,5	24,8	22,7	62,6	224,9	213,9	1,35	0,12	-	-	1,47
M	202,1	198,2	8,1	8,2	16,3	185,8	184,9	0,54	-	-	-	0,54
A	184,6	178,0	5,6	5,9	10,4	174,2	167,6	0,24	-	-	-	0,24
M	435,7	433,7	6,8	6,8	29,6	406,1	404,1	1,00	0,68	-	0,33	2,01
J	595,2	641,3	25,1	24,5	149,6	445,6	461,7	1,39	2,18	0,59	0,65	4,81
J	340,5	344,9	33,3	32,9	113,5	227,0	231,4	1,90	0,70	0,13	0,33	3,06
A	212,5	206,7	15,7	16,1	33,4	179,1	173,3	1,27	0,68	0,14	0,09	2,15
S	169,4	164,8	22,3	22,3	37,8	131,6	123,0	0,22	0,24	0,02	0,01	0,49
O	86,8	77,0	5,6	6,3	4,9	81,9	72,1	0,04	-	-	-	0,04
N	222,7	206,0	16,5	17,8	36,8	185,9	169,2	0,20	0,05	-	-	0,25
D	224,1	213,9	20,8	21,8	46,6	177,5	167,3	0,27	0,89	0,12	0,24	1,52
Total annuel	3281,7	3213,7			578,7	2703,0	2635,0	10,04	5,54	0,97	1,77	18,32

Tableau n°48

Précipitations, Ruissellement, Erosion et Recueils Obliques sous forêt dense sempervirente et pente de 23% sur granito-gneiss à GREGOIRE. Résumé des campagnes 1974-1975. Comparaison avec les résultats de Divo (1968) sur granite et pente de 9%.

	GREGOIRE				Moyenne 1974/1975 Forêt	DIVO Forêt
	1974		1975			
	Abattis	Forêt	Abattis	Forêt		
<u>Précipitations</u>						
- Total annuel mm	2936,1	2959,3	3281,7	3213,7	2850,6	1955,2
- Pluies érosives	1953,4	2122,2	2533,3	2624,2	2373,2	1659,2
- Nombre de pluies érosives	92	92	123	123	108	72
<u>RUISSELLEMENT.</u>						
- Total annuel mm		490,5		578,7	534,6	27,1
- Coefficient de ruissellement moyen des pluies érosives %	25,1	23,1	22,8	22,0	22,6	1,6
- " " " du bilan annuel %	16,7	16,6	17,6	18,0	17,3	1,4
- Coefficient de ruissellement maximum %	100	97,7	74,0	68,2	82,9	5,9
<u>EROSION</u>						
- Totale (E) Kg/Ha		430,7		333,2	381,9	644,1
- Suspension (S) Kg/Ha		334,9		282,4	308,6	243,4
- Terre de fond (T) Kg/Ha		95,8		50,8	73,3	400,7
- Rapport S/E		77,7		84,7	81,2	37,8
- Turbidité moyenne pondérée (g/l)		0,06		0,05	0,05	0,89
<u>RECUEIL OBLIQUE</u>						
- G ₁ (15 cm) mm		15,4		10,0	12,7	
- G ₂ (57 ") "		7,5		5,5	6,5	
- G ₃ (86 ") "		2,2		1,0	1,6	
- G ₄ (164 ") "		1,7		1,8	1,7	
- Total " "		26,8		18,3	22,5	
- " " m ³ /Ha		268,0		183,0	225,0	8,7
- Coefficient de recueil oblique durant les pluies érosives %		1,4		0,7	1,0	
- " " " du bilan annuel %		1,0		0,6	0,8	0,04
- " " " maximum %		10,0		3,7	6,9	0,4

au contraire moins pluvieuse à la petite saison des pluies et plus à la seconde (grande saison des pluies). Au total, le "petit été de mars" (février à avril) a été plus marqué en 1974 (4 mois à 200 mm) et en 1975 (2 mois à 200 mm) qu'en année moyenne (3 mois à 350 mm).

Conclusion :

Les années 1974 et 1975 se distinguent donc par un contraste saisonnier plus marqué puisque les précipitations sont moindres pendant le petit été de mars et supérieures pendant l'une des deux saisons des pluies qui l'encadrent.

5331.2. Les pluies et les jours de pluie

Le tableau n°43 indique le nombre de pluies par tranches mensuelles et par classes de hauteur en mm. Les tableaux n°44 et 45 indiquent les pluviosités journalières de Grégoire de 1974 à 1975.

Commentaire :

Le rythme des pluies est presque journalier en saison pluvieuse (moyenne aux environs de 26 jours par mois), moindre en saison sèche (minimum 15 jours par mois). Les pluies de hauteur inférieure à 10 mm sont les plus fréquentes (60 %). Les mesures effectuées en case ERLO montrent qu'elles n'ont en général pas d'effet érosif et l'étude des hydrogrammes indique qu'elles sont en grande partie interceptées par la végétation puis évaporées directement.

Toutefois, en 1975, il y a eu ruissellement et érosion pour 15 pluies de hauteur inférieure à 10 mm. Quant aux pluies comprises entre 10 et 20 mm, 40 sur 59 d'entre elles ont eu une action érosive en 1974 (en relation avec l'état d'humectation préalable du sol). Les pluies supérieures à 20 mm ont toutes eu des effets érosifs (52 en 1974, 55 en 1975).

Sur un total de 282 jours de pluies en 1974, le nombre de pluies érosives du 14 janvier (date du début du fonctionnement de la case ERLO) au 31 décembre 1974 a été de 92, la plupart d'entre elles tombant sur un sol déjà plus ou moins humide. En 1975, sur 273 jours de pluies au total, 123 d'entre elles ont donné naissance à un ruissellement et ont eu des effets érosifs.

533.2. Les flux de ruissellement et de recueil oblique

Suite à la perte de quelques bidons lors de leur transfert au laboratoire, les résultats ci-après sont *un peu sous-estimés* et on tiendra surtout compte de leur ordre de grandeur.

5332.1. Le ruissellement

Les tableaux n°46 et 47 présentent les quantités d'eau ruisselées dans le dispositif ERLO sous forêt ainsi que les quantités d'eau recueillies obliquement à quatre profondeurs : 15, 57, 86 et 164 cm.

La lame ruisselée est exprimée en mm et en % de l'apport pluvial ; la lame d'eau recueillie obliquement sur 2 m de front est ramenée au mètre linéaire et à la longueur du versant amont (150 m). En effet, ce flux est produit par la bande de terrain située en amont du dispositif de recueil (figure n°88).

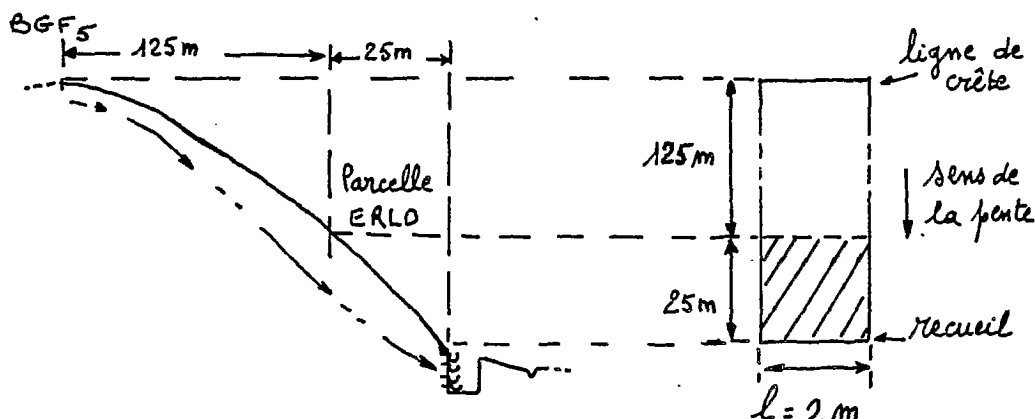


Fig. 88. Recueils obliques - Parcelle ERLO - GREGOIRE.

En 1974, le ruissellement total a atteint 490,5 mm sur la parcelle de Grégoire ; en 1975, il a atteint une valeur encore plus élevée : 578,7 mm. Ces chiffres montrent la très grande importance de ce phénomène. Plus de 17 % (moyenne 1974-1975) de l'eau de pluie qui tombe sur la parcelle expérimentale de Grégoire ruisselle à la surface de ces sols.

Le tableau n°48 rend compte des différences considérables entre les valeurs obtenues à Grégoire et celles enregistrées sur matériau granitique en Afrique, à Divo. A Grégoire, les valeurs mesurées pour les différents coefficients de ruissellement sont *environ dix fois supérieures* à celles de Divo.

Le coefficient de ruissellement maximum au cours des deux années de mesures se produisit le 24/12/1974 à 18 h ; du 22/12 au 24/12 la pluie ne cessa de tomber et 221,1 mm ont été enregistrés ; ce coefficient atteint 97,7 %.

A Grégoire, 17,3 % en moyenne de l'eau qui atteint le sol ruisselle immédiatement, contre 1,4 % à Divo.

Ces mesures confirment clairement ce que nous avaient déjà révélé les observations de terrain faites au cours des saisons pluvieuses, à savoir que sur certaines couvertures de sols développées sur matériau granito-gneissique, *la dynamique de l'eau se fait suivant une composante latérale et superficielle anormalement élevée comparativement à ce qui était connu jusque là pour ces types de sols.*

Ces résultats permettent par ailleurs de mieux comprendre le gonflement relativement rapide des criques coulant sur ces formations géologiques sur lesquelles l'amorce des crues est aussi rapide que la baisse des eaux.

La figure 89 rend compte de l'étroite dépendance entre les

hauteurs de pluie et le ruissellement. D'autre part, les mesures journalières enregistrées dans le dispositif durant les deux années d'observations établissent une étroite liaison entre la distribution (et l'intensité) des précipitations et les coefficients de ruissellement et de recueil oblique (figure 90).

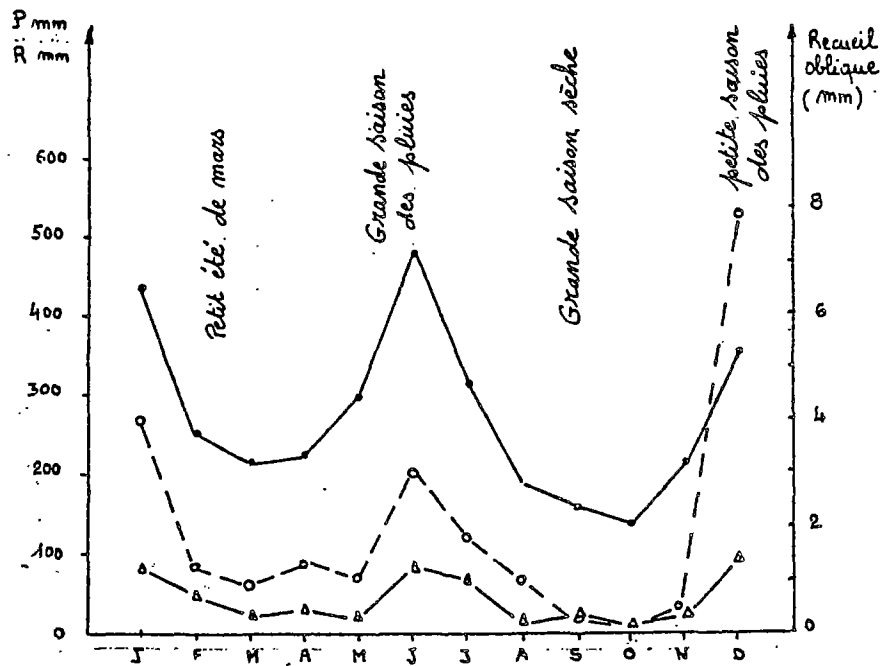


Fig. 89. Courbes comparatives des précipitations, du ruissellement et du recueil oblique.
Moyennes 1974-1975. GREGOIRE.

—●— Précipitations
—△— Ruissellement
—○— Recueil oblique

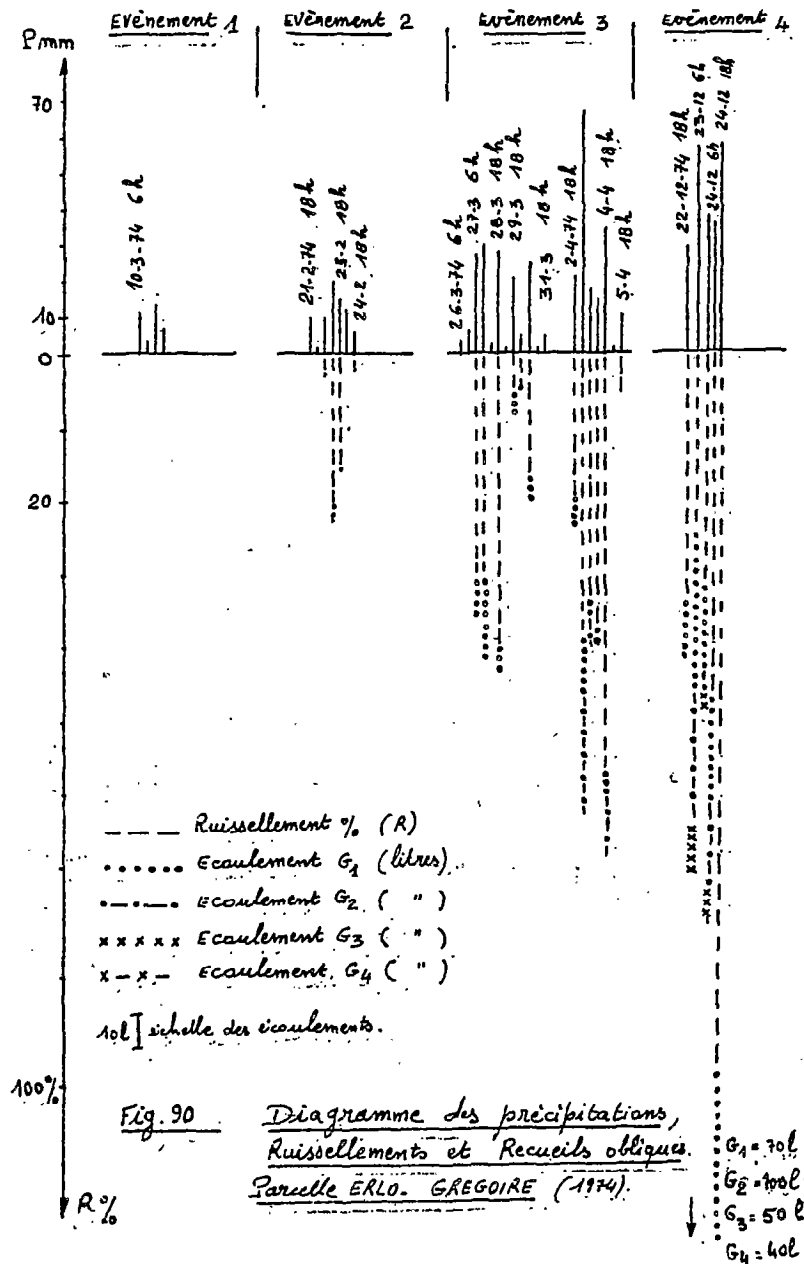
Commentaire :

Le ruissellement est si fort sur les sols ferrallitiques qu'il a pu être représenté (fig. 89) en utilisant la même unité (mm) que la pluviométrie, ce qui nous permet de voir combien il suit fidèlement cette dernière courbe.

Les valeurs les plus fortes du ruissellement sont enregistrées d'une part, au début de la saison des pluies, plus particulièrement durant les mois de décembre et janvier alors que le sol est gorgé d'air, ce qui retarde l'infiltration verticale de l'eau dans le sol ; d'autre part, durant la grande saison des pluies, en accord avec les états d'humidité des sols.

Nous avons sélectionné dans le diagramme journalier dressé au cours des deux années d'observations, quatre événements qui rendent compte des relations entre les pluies et les écoulements, en fonction

des états préalables d'humidité des sols (fig. 90).



Événement 1 :

Il concerne une petite série de pluies tombant les 10 et 11 mars 1974 (35 mm) sur un sol sec ; en effet, il n'avait pas plu depuis le 26 janvier. Ces pluies ne donnèrent lieu au aucun écoulement.

Événement 2 :

Un train de pluies s'étalant du 21/2 au 23/2/1974 et totalisant 75 mm se produisit sur un sol légèrement humide ; de petites pluies (5 mm) tombèrent en effet les 16 et 17/2 faisant par ailleurs elles-mêmes suite aux fortes averses des 11 et 14/2 (130 mm). Au cours de ce

deuxième événement, le ruissellement est de l'ordre de 20 % lors du maximum de pluviosité enregistré le 23/2 (6 h) ; il décroît avec la diminution des précipitations ; seul un faible écoulement hypodermique ($G_1=5$ litres) se manifeste pour ce maximum.

Evénement 3 :

Il considère la période du 26.3 au 5.4.74 . Un fort train de pluies totalisant 165 mm se produisit sur un sol relativement sec (il tomba moins de 10 mm du 11 au 26/3). Ce train de pluies peut lui-même être séparé en deux sous-événements :

Le premier concerne la période du 27/3 (6 h) au 30/3 (18 h) ; la pluviosité journalière est de l'ordre de 25 mm. On constate que le ruissellement est maximum (40 % environ) le 28/3 (18 h), le sol étant saturé par les averses du 27/3 ; mais *il suffit que ces pluies se ralentissent et s'espacent pour que le ruissellement mesuré chute à 5 % dès le 29/3 (18 h)*. Pour maintenir un fort ruissellement (supérieur à 20 %), il faut des pluies soutenues de 30 mm ou plus pendant 12 heures comme celles du 27/3. Le coefficient de ruissellement montre d'ailleurs un redressement sensible suite aux pluies intercalaires enregistrées le 30/3 (6 h).

Le deuxième sous-événement est relatif aux précipitations qui se répartirent du 2/4 (18 h) au 5/4 (18 h), période durant laquelle un total de 169 mm fut enregistré, avec un maximum de 57 mm dans la nuit du 2 au 3/4. Ces précipitations se produisirent sur un sol déjà humecté par les pluies précédentes. Les ruissellements mesurés traduisent bien les états d'humidité des sols ; en effet, les coefficients de ruissellement dépassent 20 % dès le 2/4 (18 h) pour croître à 30 % le 3/4 (maximum de précipitations) et montrer le 4/4 (18 h) une nette augmentation en relation directe avec l'accroissement de la pluviosité (35 mm le 4/4 -18 h-), après un léger fléchissement (15 mm le 4/4 -6 h-).

En résumé, bien que les deux sous-événements considèrent des totaux de précipitations sensiblement égaux (environ 165 mm chacun) la deuxième période considérée (du 2 au 5/4) montre des ruissellements plus importants, directement liés d'une part à l'intensité des précipitations et d'autre part à l'état préalable d'humidité des sols.

En ce qui concerne les recueils obliques, au cours de la première période, pour toutes les pluies supérieures à 5 mm, un écoulement hypodermique au niveau de la gouttière G_1 a été observé ; un très faible écoulement eut lieu en G_2 le 27/3 (18 h) lors du maximum de précipitation. Lors de la deuxième période, les écoulements hypodermiques se réalisèrent chaque jour et un recueil non négligeable (33 litres) se produisit au niveau G_2 le 3/4 et se poursuivit le 4/4, dans un sol saturé.

Evénement 4 :

Il représente l'événement qui caractérise les plus forts écoulements mesurés dans le dispositif ERL0 au cours des campagnes 1974 et 1975.

Il s'étala sur la période comprise entre les 22 et 24/12/1974.

Durant cette période, 220 mm de pluies au total tombèrent sur un sol légèrement humidifié par deux petites averses antérieures (8 mm, le 18/12 et 14 mm le 19/12). Dès le 22/12, journée au cours de laquelle sont tombés 30 mm d'eau, le ruissellement mesuré atteint 33 % ; il a tendance à décroître dans la nuit du 23/12 (22 %) et bien que la pluviosité augmente (58 mm sont en effet enregistrés le 23/12 -6 h-). La pluie ne cesse de tomber dans la journée du 23/12 ; le ruissellement croît et passe à 30 % ; le sol est peu à peu saturé et cet état de saturation se traduit par une augmentation désormais continue du ruissellement (47 % le 24/12 -6 h-, 97 % le 24/12 -18 h-).

En ce qui concerne les recueils obliques, la gouttière G_1 a coulé durant tout l'événement, le débit de ce ruissellement hypodermique augmentant avec l'état de saturation du sol (20 litres le 22/12 -18 h- ; 70 litres le 24/12 -18 h-). Dès le 23/12 (6 h), les écoulements obliques se font plus profondément, jusqu'à 40 litres environ de recueil en G_4 (164 cm) le 24/12 (18 h).

En résumé pour les quatre événements sélectionnés au cours des campagnes 1974/1975 en fonction des pluviométries croissantes, l'examen de ces derniers montre :

a) que les écoulements se font essentiellement sous la forme d'un ruissellement de surface ou d'un ruissellement hypodermique, subsuperficiel ;

b) que les écoulements sont non seulement liés à l'intensité et au total des précipitations pour une période donnée, mais surtout à l'état préalable d'humidité des sols ;

c) que les écoulements relativement plus profonds (gouttières G_2 , G_3 et G_4) ne se produisent que dans certaines conditions de saturation du sol.

5332.2. Le recueil oblique

Les valeurs obtenues en litres dans le dispositif de recueil sur les 2 mètres de front ont toutes été ramenées au mètre linéaire et sont exprimées en mm par rapport à la longueur du versant amont (150 mètres).

Les tableaux n°46 et 47 montrent la répartition mensuelle ainsi que les totaux annuels des flux recueillis obliquement, aux différents niveaux d'une tranche de sol de 164 cm d'épaisseur. Nous présentons dans le tableau n°49 la répartition mensuelle des moyennes 1974/1975.

Au cours de l'année 1974, 26,8 mm d'eau ont circulé obliquement dans une tranche de sol de 164 cm d'épaisseur, tandis que 18,3 mm étaient encore mesurés pour l'année 1975. Ces valeurs rendent compte de l'importance non négligeable de ce phénomène sur l'évolution pédogénétique.

Cet écoulement oblique se fait préférentiellement à deux niveaux ; les moyennes de mesures des campagnes 1974-1975 montrent en effet que 12,7 mm d'eau ont circulé entre 0 et 15 cm de profondeur, tandis que 6,5 mm sont encore récoltés à 57 cm. Plus en profondeur ces valeurs tombent aux environs de 1,6 mm.

Recueil oblique Mois mm/m linéaire / 15cm	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
G ₁ (15cm)	2,6	1,3	0,9	0,5	0,6	0,9	1,1	0,5	0,2	0,1	0,4	3,5	12,7
G ₂ (57cm)	0,9	0,1	-	0,6	0,3	1,1	0,4	0,3	0,1	-	0,1	2,6	6,5
G ₃ (86cm)	0,2	-	-	0,2	-	0,3	0,1	-	-	-	-	0,8	1,6
G ₄ (164cm)	0,2	-	-	0,1	0,2	0,6	0,1	-	-	-	-	0,7	1,7
Total sur 164cm	3,9	1,4	0,9	1,4	1,1	2,7	1,7	0,9	0,3	0,1	0,5	7,6	22,5
Ruissellement mm	78,9	48,1	24,6	36,6	22,1	85,8	66,3	16,8	23,5	10,8	22,9	97,4	533,8

Tableau n°49 - Répartition mensuelle et annuelle du Recueil oblique cumulé de la parcelle ERLO et du Ruissellement. GREGOIRE - Moyennes 1974-1975.

Il s'agit donc à Grégoire d'un phénomène réel dont l'ampleur est bien plus importante que ce qui a été mesuré en Afrique et plus particulièrement en Côte d'Ivoire (ROOSE, 1969, 1980).

On constate donc que le drainage oblique se fait surtout sous la forme d'un *ruissellement hypodermique* au niveau des horizons supérieurs les plus poreux et les plus perméables. Il est généralement admis que le ruissellement et le drainage oblique ne se font pas avec la même intensité ni à tous les étages durant la saison des pluies ; on constate en effet une variation très nette dans l'amplitude du phénomène au cours des saisons. Les mois de plus forts drainage oblique (tableau n°49) sont ceux de décembre et janvier avec respectivement 7,6 et 3,9 mm (moyenne 1974-1975), c'est-à-dire durant les mois de reprise des pluies succédant aux périodes relativement plus sèches (grande saison sèche jusqu'à la mi-novembre).

L'examen des courbes de la figure 89 montre que le drainage cumulé joue comme le ruissellement ce qui ne saurait étonner lorsque l'on sait que plus de la moitié du drainage oblique est constitué par le ruissellement hypodermique de la gouttière G₁.

Il est également intéressant de constater d'après le tableau n°49 que c'est durant la grande saison des pluies, de mai à juillet, alors que le sol est à son état de saturation maximum, que le drainage oblique se fait avec l'intensité relativement la plus forte en profondeur au niveau de la gouttière G₄ à 164 cm ; cela tend à montrer que lorsque le sol est imbibé, la pénétration de l'eau peut se produire *verticalement dans le sol*, même si cette pénétration est contrariée. L'humidité préalable du sol apparaît donc comme un facteur favorable à la pénétration de l'eau en profondeur.

Il n'en reste pas moins vrai que comme pour le ruissellement, les valeurs observées pour le drainage oblique lors des campagnes 1974-1975 indiquent une dynamique oblique et *subsuperficielle de l'eau anormalement élevée par rapport à ce qui est généralement connu dans les sols ferrallitiques des régions équatoriales ou tropicales humides*. Cette dynamique

latérale et subsuperficielle (les écoulements jouent essentiellement entre 0 et 57 cm à l'endroit du dispositif) aura des conséquences évidentes sur l'évolution de la couverture pédologique. Néanmoins, bien que ces valeurs soient relativement fortes par rapport à ce qui est connu ailleurs, le drainage vertical qui sera déduit d'un essai de bilan hydrique, apparaît bien comme un facteur essentiel de la pédogénèse sur les granito-gneiss de Grégoire.

533.3. Essai de bilan hydrique - Estimation des flux verticaux

Nous ne possédons pas ici tous les éléments nécessaires à l'établissement d'un bilan hydrique *précis* de la parcelle, et tel n'était pas notre but. Nous présentons cependant ici l'esquisse d'un premier bilan hydrique indiquant *l'ordre de grandeur* des différents facteurs considérés comme fondamentaux dans l'évolution pédogénétique du milieu, en particulier, le ruissellement, le drainage oblique et le drainage vertical.

L'évaluation d'un tel bilan hydrique peut être déduite de la formule suivante (THORNWAITE modifiée par ROOSE) :

$$P = R + D (V + O) + E.T.R. + \Delta H_2O$$

où P est la pluviosité en mm. Nous l'avons mesuré en 1974 et 1975 grâce à un ensemble de 6 pluviomètres placés sur la parcelle. Nous donnons également une valeur mensuelle établie de 1968 à 1975.

R est le ruissellement exprimé en mm. Il a atteint 16,7 % de la pluviosité en 1974 et 17,6 % en 1975, soit une moyenne biannuelle de 17,1 % pour une pluviosité moyenne durant la période 1974/1975.

D est le drainage (vertical et oblique)
(V + O).

Le drainage oblique mesuré a été de 1,09 % pour la campagne 1974 et de 0,57 % en 1975 (tableau n°48). La moyenne 1974/1975 est donc de 0,83 % du bilan annuel ; l'erreur étant faible autour de 1 %, nous avons choisi cette valeur pour le bilan moyen.

E.T.R. est l'évapotranspiration réelle. Elle est estimée comme étant la plus grande partie de l'E.T.P. (évapotranspiration potentielle) compatible avec l'eau susceptible de s'évaporer (pluie - ruissellement + eau du sol).

L'E.T.P. a été calculée d'après la formule de Turc, ETP, f 60 modifiée (tableau n°1).

ΔH_2O est la variation du stock d'eau du sol. En première approximation nous estimons cette variation négligeable en moyenne sur de nombreuses années.
Dans le cas de Grégoire, les pluies restent toujours supérieures à l'E.T.P. qui peut donc être assimilée à l'E.T.R. et le drainage reste égal à :

$$\text{Drainage} = \text{Pluie} - (R + E.T.P.).$$

Le tableau n°50 résume notre essai de bilan hydrique pour les années 1974/1975 ainsi que les moyennes pour la dite période.

L'évapotranspiration réelle serait de l'ordre de 40,3 % (1180 mm) pour 1974 et de 37 % (1214 mm) pour 1975, ce qui nous donne une valeur moyenne 1974/1975 de 38,6 %. Le ruissellement observé nous a donné une valeur moyenne égale à 17,2 %. Le drainage oblique moyen du bilan annuel est environ de 1 %. *Le drainage vertical serait donc de l'ordre de 43 %.*

Ces résultats nous permettent donc de voir que *le drainage vertical reste un facteur essentiel dans la pédogénèse des sols ferrallitiques de Grégoire et cela, malgré l'intensité relative des phénomènes de ruissellement et de drainage oblique.* Il participerait ainsi à la lixiviation des bases et de la silice et joue très vraisemblablement un rôle non négligeable dans le transport d'éléments fins colloïdaux à partir des horizons supérieurs des sols.

La pluviosité et le drainage étant beaucoup plus importants à Grégoire qu'à DIVO par exemple, le complexe absorbant des sols de Guyane est nettement plus désaturé que celui de ces derniers.

Enfin, l'importance de ces divers résultats permet de concevoir que les différents facteurs mesurés (ruissellement, drainage oblique et plus particulièrement drainage hypodermique) ou estimés (drainage vertical) pourront avoir une action qualitative très importante dans les sols ferrallitiques étudiés.

Notons que *le drainage calculé* de HENIN et AUBERT d'après la formule :

$$D = \frac{\gamma P^3}{1 + \gamma P^2} \quad \text{avec} \quad \gamma = \frac{\dots \& \dots}{0,15 T - 0,13}$$

où

D = Drainage calculé en mètres

P = Pluviométrie annuelle en mètres

& = Coefficient de texture qui varie de 0,5 (argile) à 2 (sable grossier)

T = Température moyenne annuelle en degrés centigrades,

est de 2.450 mm soit 74,8 % du bilan annuel si on adopte un coefficient de texture égal à 1 (sol sablo-argileux à argilo-sableux), pour une pluviosité annuelle de 3.276 mm et une température moyenne annuelle de 26° centigrades.

Notre valeur approchée du drainage est donc modeste en comparaison de cette valeur empirique.

	S	F	N	A	n	J	J	A	S	O	N	D	Total mm	%
Pluie mm	236	219	230	265	164	360	288	148	150	203	202	484	2936	100
Ruisseau mm	120	34	33	63	15	22	20	0,4	9	17	9	148	450	16,7
E.T.P. E.T.A mm	71	91	92	109	113	84	98	105	122	115	96	85	1184	40,3
Drainage mm	45	93	105	93	33	243	170	42	15	71	37	247	1.262	43,0
Pluie mm	320	287	202	184	435	635	340	212	163	87	223	224	3.281	100
Ruisseau mm	37	63	16	10	23	150	113	33	38	5	37	47	578	17,6
E.T.P. E.T.A mm	78	91	95	106	103	88	103	112	125	117	103	93	1.214	37,0
Drainage mm	205	133	91	68	303	358	124	67	6	-	83	84	1.489	45,4
Pluie mm	278	253	216	224	298	472	314	180	159	145	212	354	3.108	100
Ruisseau mm	73	48	24	36	22	85	66	17	23	11	23	97	534	17,1
E.T.P. E.T.A mm	85	91	98	103	93	92	108	119	129	120	110	97	1.247	39,6
Drainage mm	287	113	94	85	183	215	140	43	7	14	79	160	1.504	44,2

Tableau n° 50. ESSAI DE BILAN HYDRIQUE. GREGOIRE. Campagnes 1974-1975.

533.4. L'érosion (tableau n°48)

La quantité totale E de matériaux solides arrachés par l'érosion en 1974 est de l'ordre de 430 kg/ha, valeur inférieure à celle enregistrée par exemple en Côte d'Ivoire (station IFCC, près de Divo sur granite) où elle atteint 503 kg/ha, ROOSE, 1969. A titre de comparaison, sur un sol nu et pente de 7 %, on a mesuré des pertes en terre, en Afrique, de l'ordre de 120 tonnes/ha/an (in ROOSE, 1969).

Cela donne une idée de ce qui peut se passer en cas de défrichement mal contrôlé et le rôle extrêmement important de filtre et de frein à l'érosion que joue le couvert forestier naturel.

Cette perte en terre serait donc, dans les conditions naturelles telles qu'elles furent respectées à Grégoire, relativement faible en valeur absolue. De cette érosion totale, 96 kg/ha sont représentés par les terres de fond (sédiments grossiers récupérés au fond du bac et pesés directement) et 335 kg/ha représentent les éléments arrachés sous forme de suspension. Ces résultats montrent bien le rôle de filtre du couvert forestier, particulièrement au niveau des horizons supérieurs humifères des sols. Là réside en effet l'essentiel de la différence des valeurs observées entre les résultats de Grégoire et ceux de Divo. Car si les valeurs en ce qui concerne les suspensions sont du même ordre de grandeur (366 kg/ha à Divo contre 335 kg/ha à Grégoire), les terres de fond (T) sont presque deux fois moins importantes en Guyane Française (96 kg/ha contre 137 kg/ha à Divo). Ce résultat tend donc à montrer le maintien en place de la fraction minéralogique la plus grossière du profil, l'érosion sélective et l'appauvrissement exagéré en fraction fine des horizons de surface des sols ferrallitiques de Grégoire.

Ce fait est d'ailleurs visuellement confirmé par la présence, à la

surface des sols, d'une couche de sables quartzeux délavés, blanchis, sous la couche organique superficielle.

Les valeurs de l'érosion totale pour l'année 1974, à Grégoire, semblent toutefois relativement faibles si on les compare à celles enregistrées en Afrique (ROOSE, 1980), surtout si l'on tient compte des différences considérables dans les quantités d'eau de pluie et de la masse d'eau en mouvement sur les granito-gneiss de Grégoire par rapport à celles de Divo.

Nous constatons d'autre part que les risques d'érosion sont liés aux intensités des pluies. *Les plus fortes érosions eurent en effet lieu durant les averses torrentielles* qui se produisirent au cours de la "petite saison des pluies", consécutives à deux jours de pluies de très fortes intensités tombant sur un sol ressuyé ; du 22 au 24/12, il est tombé 221 mm d'eau.

En 1975, les pertes totales en terre s'élèvent à 333 kg/ha, chiffre inférieur à celui de la campagne 1974 (430 kg/ha/an) et bien que la pluviométrie totale ait été supérieure de 254,4 mm. Il semblerait que l'on aille vers une stabilisation du dispositif de recueil.

Comme pour les résultats de 1974, on constate également que l'érosion se fait sélectivement sous forme de suspension ; 283 kg/ha/an sont en effet arrachés sous forme de suspension contre seulement 50 kg/ha/an de terres de fond ; la turbidité annuelle pondérée ne dépasse cependant pas 0,05g/l.

Au cours de l'année 1975, les pertes par érosion ont été particulièrement importantes durant deux saisons assez nettement distinctes : celle de la grande saison des pluies, particulièrement durant les mois de juin et juillet, et celle de la petite saison des pluies, plus particulièrement durant le mois de décembre. Les pertes par érosion sont néanmoins réparties sur toute l'année à l'exception des mois les moins humides d'octobre et de novembre où les coefficients de ruissellement n'atteignent que 6,3 % environ.

533.5. Les résultats analytiques des campagnes 1974/1975

Tous les résultats d'analyses et d'observations sont consignés sur des fiches par pluies individuelles. L'ensemble du fichier concernant les campagnes 1974 et 1975 peut être consulté au laboratoire d'analyse des sols du centre ORSTOM de Cayenne. Nous présentons ici un résumé complet de ces différents résultats.

Les méthodes analytiques utilisées sont classiques et sont décrites dans un fascicule publié par le laboratoire d'analyse des sols du centre ORSTOM de Cayenne (THIAIS, 1967).

Toutes les eaux ont été filtrées sur filtre rapide (PRAT-DUMAS n°4) afin d'éviter les phénomènes de pollution étrangers aux analyses effectuées. Ces analyses ont été réalisées dans les meilleurs délais compatibles avec les méthodes d'analyse de série, soit toujours moins d'un mois après le dépôt des échantillons au laboratoire.

Les résultats des campagnes 1974/1975, ainsi que ceux des moyennes 1974/1975 sont exprimés en moyennes arithmétiques mensuelles (tableaux n°51 et 52) pour les eaux de ruissellement, et annuelles (tableau n°53). Le tableau

n°54 donne les caractéristiques physico-chimiques des eaux de drainage oblique en moyenne pondérée (par les volumes) pour les années 1974/1975.

Les moyennes pondérées mensuelles du drainage oblique pour les campagnes 1974 et 1975 sont présentées en annexe.

5335.1. Température, pH et conductivité (tableaux n°51 à 54)

La température et le pH sont des données de base relatives à la vitesse de solubilité des différents éléments chimiques analysés dans cette étude. Les mesures de température des eaux ont été réalisées à chacune des deux observations journalières (6 h et 18 h), quelques heures ou immédiatement à la fin des pluies. Elles sont donc parfois faussées par excès.

En ce qui concerne les eaux de ruissellement, la température a varié de 22°4 (moyenne du mois le plus froid, janvier 1974) à 24°4 (moyenne du mois le plus chaud, septembre de la même année) -voir tableau n°51-.

La moyenne annuelle 1974/1975 est de 23°6 pour les eaux de ruissellement.

Les eaux de drainage oblique ont une température moyenne de 23°2 (pour l'ensemble des quatre gouttières) soit légèrement inférieure à celle des eaux de ruissellement.

Le pH, en ce qui concerne les eaux de ruissellement, varie de 5,4 valeur la plus basse observée durant les deux campagnes à 6,6. Les tableaux 51 et 52 montrent que c'est durant la grande saison sèche (septembre) que les valeurs sont les plus basses ; les plus hautes se situent généralement durant la grande saison des pluies. Ce résultat est confirmé par les mesures de la conductivité. La moyenne du pH pour la période 1974/1975 est de 6,01 pour les eaux de ruissellement (tableau 53).

En ce qui concerne les eaux de drainage oblique, la moyenne 1974/1975 est de 6,21, donc légèrement supérieure à celle des eaux de ruissellement. Les eaux les moins acides étant celles qui sont récupérées au niveau le plus profond (G₄) avec une moyenne de 6,34 pour les deux années de mesures.

La conductivité qui est en étroite corrélation avec la somme des cations et des anions en solution dans l'eau, varie suivant la charge soluble des eaux au cours des saisons et permet donc de vérifier l'ordre de grandeur des résultats analytiques. Les eaux de ruissellement et de drainage oblique durant la période 1974/1975 ont des valeurs moyennes sensiblement égales (30,70 μ /mhos). Par contre, au cours de l'année, on constate que la conductivité peut varier du simple au triple aussi bien pour les eaux de ruissellement que pour celles du drainage oblique. On remarque que les eaux sont d'autant moins chargées que les volumes écoulés sont importants. C'est en effet durant la grande saison sèche que la conductivité atteint les valeurs les plus fortes. Ces résultats vont dans le sens des observations de ROOSE, 1969, 1980, qui indiquent que les écoulements de faible importance sont généralement plus chargés que ceux qui adviennent vers la fin de la saison pluvieuse. Plus le volume d'écoulement est fort et plus les éléments en solution sont dilués ; ceci est logique, car plus les débits sont rapides et moins longs sont les contacts entre l'eau et les particules du sol et donc plus faibles sont les possibilités d'échange.

Mois	pH	Conductivité à 25°C μmhos	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂	Fe	Al	NO ₃ +NO ₂	NH ₃	Mat. organ.	Cu y/l	Mn y/l	Température °C.
Janv.	6,14	28,40	1,60	0,30	2,27	2,66	18,25	0,36	0,89	0,51	1,38	9,45	3,81	10,14	22°4
Fév.	6,06	36,70	2,66	0,58	3,53	2,60	4,22	0,23	-	0,66	0,72	9,57	-	-	23°6
Mars	6,45	33,00	1,47	0,40	3,37	3,83	17,48	0,43	0,62	0,60	0,35	8,81	1,21	4,77	23°4
Avr.	6,61	17,45	0,85	0,21	1,49	1,20	15,04	0,54	0,83	0,17	0,31	7,09	4,25	3,15	23°3
Mai	6,65	43,80	1,42	0,47	3,84	3,61	4,50	0,07	0,23	-	-	6,76	8,33	3,68	23°8
Juin	6,67	27,78	1,47	0,34	2,59	1,96	5,50	0,21	0,53	-	-	7,95	4,33	1,05	24°2
Juil.	5,99	22,31	1,69	0,29	1,72	1,43	6,55	0,11	0,05	-	-	9,07	2,55	0,88	23°9
Août	6,21	25,77	2,81	0,36	1,88	1,84	7,25	0,20	0,13	3,84	-	9,65	3,00	1,62	24°1
Sept.	5,63	24,43	3,81	0,53	1,58	1,26	3,33	0,18	0,29	3,60	-	8,18	17,00	9,00	24°4
Oct.	5,85	34,10	1,79	0,42	1,31	1,64	1,71	0,15	0,56	1,76	-	8,15	6,00	2,70	23°8
Nov.	5,83	31,70	2,13	0,49	1,95	1,43	1,80	0,16	0,32	2,86	-	11,48	4,66	8,66	24°0
Dec.	6,02	30,48	2,43	0,37	1,95	0,99	1,78	0,14	0,36	2,03	-	8,48	4,00	3,37	23°7
moyenne annuelle	6,17	29,65	2,01	0,33	2,34	2,03	7,28	0,23	0,44	1,78*	0,69**	8,72	5,37***	4,45***	23°7

Tableau n° 51. Caractéristiques Physico-chimiques des eaux de Ruissellement.

Moyennes pondérées en mg/l et en y/l - campagne 1974.

* moyenne sur 3 mois. ** moyenne sur 4 mois *** moyenne sur 11 mois.

Mois	pH	Conductivité à 25°C μmhos	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂	Fe	Al	NO ₃ +NO ₂	NH ₃	Mat. org.	Cu y/l	Mn y/l
Janv.	5,98	34,17	2,39	0,48	2,59	0,84	1,98	0,20	0,32	1,81	2,42	8,80	2,75	1,12
Févr.	5,90	32,55	1,81	0,37	2,88	0,70	2,58	0,14	0,42	1,85	2,34	9,35	-	-
Mars	5,97	39,99	2,22	0,46	3,28	1,16	2,23	0,14	0,41	1,78	0,52	9,66	-	-
Avr.	6,13	43,85	2,31	0,53	3,79	1,40	4,45	0,11	0,50	1,50	0,86	10,28	-	-
Mai	6,00	26,98	1,78	0,31	2,19	0,72	5,10	0,10	0,37	0,37	0,77	10,01	-	-
Juin	5,78	18,53	1,63	0,24	1,18	0,57	6,76	0,13	0,45	0,60	1,13	7,66	-	-
Juil.	5,84	17,36	1,63	0,32	0,93	0,47	7,60	0,16	0,32	0,43	1,20	8,85	-	-
Août	5,42	26,10	3,41	0,48	1,27	0,77	4,12	0,10	0,35	0,42	1,35	9,52	-	-
Sept.	5,78	46,40	3,46	0,63	2,60	2,10	3,42	0,11	0,28	2,23	0,86	13,56	-	-
Oct.	6,00	37,76	2,09	0,45	2,41	2,54	2,05	0,13	0,15	1,61	0,98	9,28	-	-
Nov.	5,73	28,52	2,21	0,43	1,73	1,35	3,62	0,16	0,28	1,11	1,81	11,16	-	-
Dec.	5,69	35,35	2,31	0,65	1,76	1,64	4,52	0,16	0,48	2,04	1,39	13,76	-	-
moyenne annuelle	5,85	31,76	2,32	0,44	2,21	1,18	4,03	0,14	0,36	1,31	1,30	10,15	2,75*	1,12°

Tableau n° 52. Caractéristiques Physico-chimiques des eaux de Ruissellement. Moyennes pondérées en mg/l et en y/l. - campagne 1975.

* 1 valeur mensuelle.

	mg/l.											g/l			
	pH	Cond.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂	Fe	Al	No ₃ No ₂	NH ₃	Mat. org.	Cu	Mn	Temp. moyenne
moyenne 1974	6,17	29,65	2,01	0,33	2,34	2,03	7,28	0,23	0,44	1,78	0,69	8,72	5,37	4,45	23°7
moyenne 1975	5,85	31,76	2,32	0,44	2,21	1,18	4,03	0,14	0,36	1,31	1,30	10,15	2,75	1,12	23°5
moyenne 1974-1975	6,01	30,70	2,16	0,41	2,27	1,60	5,65	0,18	0,40	1,54	0,99	9,43	4,06	2,78	23°6

Tableau n° 53 - Caractéristiques Physico-chimiques des eaux de Ruissellement.
GREGOIRE. Campagnes 1974-1975 - Moyennes annuelles.

	1974				1975			
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
Température °C	23°5	23°0	22°7	23°4	23°5	23°8	23°0	23°1
pH	6,05	5,90	6,18	6,22	6,21	6,07	6,61	6,47
Conductivité K/mhos	30,61	32,08	36,97	37,01	35,63	27,83	49,03	44,61
Ca ⁺⁺	1,52	0,84	0,89	0,89	1,34	0,74	1,19	1,89
Mg ⁺⁺	0,44	0,36	0,31	0,40	0,45	0,23	0,31	0,43
Na ⁺	2,10	2,47	2,60	2,76	2,09	2,27	2,31	2,20
K ⁺	1,23	0,64	1,56	1,45	0,99	0,71	1,52	2,57
SiO ₂	4,92	3,59	7,00	4,99	4,32	4,41	5,62	4,98
Fe	0,21	0,17	0,15	0,14	0,15	0,12	0,20	0,12
Al	0,45	0,32	0,29	0,26	0,36	0,48	0,27	0,26
NO ₃ +NO ₂	1,24	1,03	2,04	2,40	1,05	0,73	2,19	2,31
NH ₃	1,25	0,86	0,73	1,00	1,10	0,97	0,70	1,12
Mat. org.	9,27	4,08	4,53	2,89	8,75	4,10	5,55	5,31
Cu g/l	13,01	7,58	4,70	5,06	16,28	-	-	-
Mn g/l	8,50	8,51	8,28	23,70	6,57	-	-	-

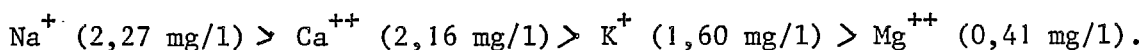
Tableau n° 54 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux de Drainage oblique. Moyennes annuelles pondérées en mg/l et en g/l. GREGOIRE. Campagnes 1974 et 1975.

Ce résultat s'ajoute également aux observations faites pour le pH ; les pH les plus acides sont observés durant les périodes sèches, lorsque les eaux sont corrélativement plus chargées, *principalement en matières organiques*.

5335.2. Les bases : le calcium, le magnésium,
le potassium et le sodium

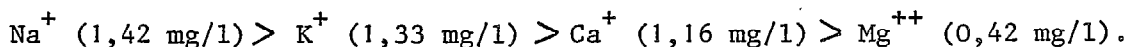
Dans les sols, nous avons vu que les teneurs de ces différents éléments sont extrêmement faibles. Les valeurs trouvées dans les eaux de ruissellement et de drainage oblique sont relativement élevées par rapport à cette pauvreté du sol ; elles sont toutefois nettement moins importantes que celles que ROOSE, 1980, a enregistré en Afrique.

Dans les eaux de ruissellement, les teneurs en magnésium et en potassium sont nettement moins importantes que celles relatives au sodium et au calcium. Le magnésium est l'élément le moins bien représenté ; puis viennent le potassium, le calcium ; le sodium est l'élément le mieux représenté (tableaux 51, 52 et 53). La moyenne pondérée annuelle 1974/1975 donnerait le classement suivant :



Cette teneur relativement forte en Na^+ dans les eaux de ruissellement pourrait bien être due à une *influence marine*. En Côte d'Ivoire, cette influence se fait sentir jusqu'à 150 km à l'intérieur des terres (ROOSE, 1980).

Dans les eaux de drainage oblique, le magnésium est encore l'élément le moins bien représenté ; puis viennent le calcium, le potassium et le sodium en quantité relativement plus importante. La moyenne pondérée annuelle pour les campagnes 1974-1975 donnerait donc le classement suivant :



Il est intéressant de noter l'influence du débit des écoulements sur les concentrations relatives en chacun des cations. Deux facteurs interviennent assez nettement dans l'évolution des teneurs dans les échantillons d'eau : la saison et les volumes écoulés ; il ne semble pas qu'il y ait de variation nette avec la profondeur.

Les résultats observés pour les eaux de ruissellement tendent à montrer que, sous forêt, la richesse en bases des eaux diminue sensiblement durant la grande saison des pluies et, à un degré moindre, durant la petite saison des pluies (tableaux 51 et 52). Cela est plus particulièrement remarquable durant les mois de juin et de juillet. Cette concentration semble au contraire être maximum durant le moins d'octobre ; ceci est particulièrement vrai pour les cations les moins solidement fixés au complexe absorbant ; le calcium par exemple a une moyenne pondérée de 1,63 mg/l durant le mois de juin 1975 alors que cette teneur passe à 3,46 mg/l durant le mois d'octobre en pleine saison sèche de la même année. L'influence du "petit été de mars" sur la concentration en éléments se fait sentir plus ou moins, suivant les cations. En ce qui concerne le sodium, les valeurs les plus hautes sont observées tant pour 1974 que pour 1975, au cours des mois de février et de mars (3,37 et 3,28 mg/l respectivement). Ces valeurs tombent à 1,72 et 0,93 mg/l durant les mois de juillet 1974 et 1975.

En général, il s'en suit que *plus écoulements sont importants moins riches en bases sont les eaux de ruissellement*. Cela semble vrai, quoique moins nettement, pour les eaux de drainage oblique. Les cations voient donc leur concentration diminuer dans les eaux de drainage et surtout de ruissellement si le volume des écoulements augmente. Cela vient essentiellement du fait qu'au cours de la grande saison sèche, l'enrichissement par la litière est plus important et que l'entraînement par les eaux de drainage et surtout de ruissellement est relativement moins important.

Si nous comparons les valeurs moyennes pour les cations contenus dans les *eaux de ruissellement* sur deux années de mesures effectuées en Côte d'Ivoire (Divo) de 1967 à 1968 et à Grégoire (1974/1975) on a :

A Divo, sur granite, les moyennes pondérées permettent le classement suivant :

Ca^{++} (1,59 mg/l) \leq Na^+ (2,43 mg/l) \leq Mg^{++} (3,15 mg/l) \leq K^+ (4,98 mg/l)

tandis qu'à Grégoire, on a le classement suivant :

Mg^{++} (0,41 mg/l) \leq K^+ (1,60 mg/l) \leq Ca^{++} (2,16 mg/l) \leq Na^+ (2,27 mg/l).

Les mécanismes régulateurs de cet ordre ne semblent donc pas les mêmes. Mais le "signal d'entrée" (pluie) peut aussi beaucoup différer entre la Guyane et la Côte d'Ivoire en fonction des apports océaniques. Peut-être que ces apports sont plus chargés en Mg en Côte d'Ivoire, et les restitutions végétales de K plus intenses.

D'autre part, ces résultats montrent bien que les eaux, tout comme les sols qu'elles drainent ou sur lesquels elles ruissellent, sont assez nettement moins chargées en Guyane (Grégoire) qu'en Afrique (Divo) ; elles sont surtout plus pauvres en Mg et K et cela en relation probable avec une lame écoulée et une désaturation des sols plus fortes.

5335.3 Les matières organiques et l'azote

On admet généralement qu'une forêt semi-décidue subéquatoriale en Afrique dépose à la surface du sol, 8 à 12 tonnes de matière organique (matière sèche) à l'hectare ; en Amazonie, l'ordre de grandeur reste le même. Cette matière organique est très rapidement minéralisée, humifiée, puisque l'on n'observe que peu ou pas d'accumulation de litière dans les forêts tropicales. Certes, ces valeurs peuvent changer suivant les conditions particulières de certains milieux.

Les eaux de ruissellement et de drainage vont donc jouer un rôle important dans la redistribution des matières organiques humifiées, azotées et carbonées ; l'essentiel restant cependant la minéralisation avec dégagement de CO_2 (plus de 95 %), ROOSE et PERRAUD, 1974.

Teneur en matière organique

En 1974 (tableau n°51), la moyenne pondérée annuelle des eaux de ruissellement en matière organique totale est de 8,72 mg/l ; en 1975, elle est de 10,15 mg/l, ce qui donne une moyenne pour les deux années de 9,43 mg/l. Cette valeur moyenne coïncide avec les valeurs moyennes obtenues pour les eaux de drainage oblique récupérées dans la première gouttière (mp, 1974/1975 = 9,10 mg/l). On constate par contre une diminution très nette de la matière

organique totale avec la profondeur de la récupération des eaux de drainage oblique, puisqu'elle n'est plus que de 4,10 mg/l au niveau de la gouttière G₄.

Les eaux de ruissellement sont en moyenne deux fois plus riches en matière organique que les eaux de drainage oblique récoltées en-dessous de 15 cm de profondeur. Il semble, d'après les résultats du tableau n°54 que cette diminution se fasse progressivement avec la profondeur.

La relation entre les volumes écoulés et les concentrations en matières organiques totales est assez nettement mise en évidence. Plus les écoulements sont importants, moins les teneurs en matières organiques sont fortes ; exemple : pour les eaux de ruissellement, mp en novembre 1974 (saison sèche) égale à 11,48 mg/l ; mp pour juin 1974 (saison des pluies) égale à 7,95 mg/l ; en 1975, mp, septembre (saison sèche) égale à 13,56 mg/l ; mp, juin (saison des pluies) égale à 7,66 mg/l.

Il est également intéressant de comparer les valeurs enregistrées à Grégoire à celles de Côte d'Ivoire (Divo) où les eaux de ruissellement ont une teneur (moyenne pondérée 1967/1968) de 21,4 mg/l ; en 1967, la moyenne pondérée annuelle a atteint 30,5 mg/l.

Les eaux ruisselant sur les sols ferrallitiques de Guyane à Grégoire sont donc très sensiblement moins chargées en matière organique totale que celles qui ruissellent sur les sols ferrallitiques de Divo en Côte d'Ivoire. Les causes de cette différence résident, d'une part, essentiellement dans les volumes d'eau plus importants qui circulent dans les sols de Guyane et d'autre part, vraisemblablement sur une *mauvaise dégradation de la végétation et un meilleur recyclage des éléments en forêt Amazonienne* (HERRERA, JORDAN, KLINGE, MEDINA, 1978). Ces auteurs ont montré qu'en forêt Amazonienne, il y a à la fois perte minimum en éléments minéraux et organiques de la forêt et une *efficacité optimale dans la rétention des éléments nutritifs qui peuvent entrer dans l'écosystème*.

. L'azote minéralisé (tableaux 51 et 52)

Les valeurs en NO₃ + NO₂ en moyenne pondérée, varient pour les eaux de ruissellement de 3,84 mg/l (août 1974, début de la grande saison sèche) à 0,17 mg/l (mai 1974, saison des grandes pluies). Les valeurs obtenues en 1975 montrent également des maxima durant la grande saison sèche, particulièrement au cours du mois de septembre (mp = 2,23 mg/l), tandis que les plus basses ont lieu durant la grande saison des pluies (mp = 0,37 mg/l) en mai. Il y a donc ici également une influence assez nette des saisons et par conséquent des volumes écoulés sur la teneur en azote minéralisé, ce qui rejoint les résultats des microbiologistes (DOMMERGUES, 1962) qui ont montré que l'activité biologique (nitrification) est fonction des conditions pédoclimatiques (pH, humidité et température essentiellement).

5335.4, La silice, le fer et l'alumine (tableaux 51 à 54)

. La silice

Les teneurs en silice sont environ trente fois plus élevées dans les eaux de ruissellement et le drainage oblique de Grégoire que les teneurs en fer et en alumine. Ces valeurs confirment bien le mode d'évolution pédo-

génétique par ferrallitisation.

La moyenne pondérée de 1974/1975 est de 5,65 mg/l pour les eaux de ruissellement. Les valeurs maximas ont été enregistrées durant la campagne 1974 au cours des mois de mars et d'avril (17,48 mg/l et 15,04 mg/l). Les concentrations tombent durant la saison sèche (octobre de la même année) à 1,71 mg/l. Il semblerait donc que *la teneur en silice soluble et pseudo-solubles des eaux de ruissellement augmente avec le volume écoulé*. Ces résultats sont confirmés par ceux de la campagne 1975, année pour laquelle, sans atteindre des valeurs aussi élevées qu'en 1974, on note toutefois des valeurs relativement plus fortes durant la saison des plus importants ruissellements et drainages obliques, en particulier durant les mois de mai, juin et juillet avec pour moyenne pondérée respectivement : 5,10 - 6,76 et 7,60 mg/l contre octobre et mars (mp = 2,05 et 2,23 mg/l).

Dans les eaux de drainage oblique, la moyenne pondérée annuelle en 1974 est égale à 5,12 mg/l ; celle de 1975 de 4,83 mg/l soit une valeur moyenne 1974/1975 égale à 4,97 mg/l, valeur sensiblement égale à la valeur moyenne des eaux de ruissellement.

On ne note pas de diminution des teneurs en silice avec la profondeur des écoulements.

. Le fer (Fe_2O_3)

Les teneurs en fer des eaux de ruissellement et de drainage oblique sont du même ordre de grandeur et nous n'avons pas trouvé de variations avec la profondeur de récupération de ces eaux dans le sol.

Pour les eaux de ruissellement, comme pour celles de drainage oblique, les valeurs varient peu autour de 0,20 mg/l (mp, 1974/1975).

Nous ne constatons pas de relation évidente entre les concentrations et les volumes d'eau écoulés. L'influence de la saison n'est donc pas nette et les valeurs mensuelles restent du même ordre de grandeur toute l'année.

Toutefois, sur les sols ferrallitiques soumis à fort ruissellement de Grégoire, les teneurs en fer des eaux de ruissellement sont environ 5 fois plus faibles (mp 1974/1975 = 0,23 mg/ Fe_2O_3) que celles trouvées à Divo (mp 1967/1968 = 1,24 mg/l) ; ceci en accord avec leur charge relativement plus faible en colloïdes.

. L'alumine (Al_2O_3)

En 1974, les teneurs en eaux de ruissellement varient de 0,06 mg/l (mp, juillet) à 1,15 mg/l (mp, janvier). En 1975, toujours pour les eaux de ruissellement, les valeurs ont varié de 0,19 mg/l (octobre) à 0,65 mg/l Al_2O_3 (mp, avril). La moyenne 1974/1975 des eaux de ruissellement est de 0,52 mg/l Al_2O_3 .

En ce qui concerne les eaux de drainage oblique, on constate une diminution progressive des teneurs avec la profondeur. Ce fait est assez net durant la campagne 1974 (tableau 54) où les moyennes pondérées annuelles sont respectivement de 0,58 mg/l pour la première gouttière, de 0,41 mg/l pour G_2 , 0,37 mg/l pour G_3 et de 0,33 mg/l Al_2O_3 en G_4 .

L'observation de ces résultats permet donc de constater d'une part, que les eaux de ruissellement sont légèrement plus riches en alumine que les eaux de drainage oblique ; que d'autre part, ces teneurs diminuent avec la profondeur d'écoulement des eaux et que les variations de ces teneurs ne sont pas clairement liées aux saisons bien qu'une certaine tendance à l'augmentation de ces valeurs se manifeste dans les eaux de ruissellement quand les volumes écoulés augmentent.

Comme pour la silice, cette double tendance (un peu paradoxale en chimie) serait vraisemblablement due à des transports sous forme de micro-colloïdes dont le déplacement est proportionnel au flux de fluide.

Les valeurs obtenues pour les taux d'alumine dans les eaux de ruissellement sur les sols ferrallitiques de Grégoire (mp 1974/1975 = 0,52 mg/l) sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées par ROOSE, 1969 sur les sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire à Divo où la moyenne pondérée pour l'année 1967 a été égale à 0,51 mg/l, qui note aussi la tendance de Si + Al à être plus concentrés lors des forts écoulements.

5335.5. Conclusions sur la dynamique de la matière organique, du fer, de la silice et de l'aluminium

La distribution latérale dans la toposéquence I, et verticale dans les profils, de la matière organique, de la silice, du fer et de l'aluminium, traduit les variations de comportement hydrodynamique des sols du haut vers le bas de la toposéquence, au fur et à mesure de la différenciation pédologique le long de cette dernière.

En effet, les distributions des éléments précités le long de la pente montrent d'une part la *circulation latérale* et subsuperficielle de ces éléments vers l'aval de la séquence jusqu'à leur évacuation hors de cette dernière et du paysage pédologique et, d'autre part leur *entraînement vertical* jusqu'à la limite supérieure des horizons compacts nouvellement différenciés.

Les figures 82, 83 et 84 reflètent l'appauvrissement de la partie amont de la séquence, particulièrement dans les horizons supérieurs où s'effectue une circulation préférentielle de l'eau, essentiellement sous forme de ruissellement superficiel et hypodermique.

Les observations ultérieures de TURENNE, 1982, qui a suivi la distribution latérale et verticale du fer et de l'aluminium complexés par la matière organique dans deux bassins aux caractéristiques hydrodynamiques distinctes, à savoir, à drainage vertical libre et à drainage latéral superficiel, vont dans le même sens que les nôtres. Dans *les sols à drainage latéral et superficiel*, le fer complexé par la matière organique est bloqué en même temps que les formes organiques mobiles au sommet de l'horizon B compact et sec au toucher. Sa distribution le long de la pente traduit sa circulation latérale et son blocage au sommet d'anciens horizons B compacts.

La distribution figurée de cet élément traduit l'appauvrissement en fer complexé des parties hautes du paysage et particulièrement dans l'horizon supérieur où s'effectue la circulation et l'évacuation de l'eau.

En bas de pente, où se manifeste davantage l'hydromorphie, la distribution du fer, de même que celle du carbone extrait est très proche

de la distribution observée dans les sols podzoliques (TURENNE, 1977).

Dans les sols à drainage vertical libre et profond, le fer est mobilisé en haut de séquence, mais sa répartition traduit une distribution verticale et régulière avec une plus grande mobilisation dans les horizons A et B à micro-agrégats (TURENNE, 1982).

La distribution de l'aluminium offre un profil similaire de haut en bas des séquences de sols à drainage latéral et superficiel, différent de celui observé pour le fer, sauf pour les profils de bas de pente, qui montre une légère augmentation au sommet de l'horizon imperméable également caractéristique de la morphologie podzolique. Sa distribution accompagne par contre celle du fer complexé de haut en bas de la séquence en bassin à drainage vertical libre.

Pour TURENNE, 1982, ces différences de distribution traduisent :

- une pédogénèse ferrallitique, verticale pour les bassins à drainage vertical et profond ;
- une pédogénèse hydromorphe, voire podzolique en bassin à drainage bloqué avec des figures suggérant une évacuation hors du paysage.

533.6 Essai de bilan des pertes physiques et chimiques

5336.1. Lessivage oblique et érosion en nappe

L'un des buts de l'expérimentation ERLO était de vérifier notre hypothèse de l'existence actuelle d'une évolution pédogénétique conduisant à un fort appauvrissement des horizons subsuperficiels des sols de la partie amont des collines en demi-oranges sur les granito-gneiss de Guyane.

Trois hypothèses sont généralement avancées pour expliquer le mécanisme de l'appauvrissement (ROOSE, 1968-1980) :

- *Une érosion en nappe* qui arrache sélectivement les particules fines à la surface du sol. Cet appauvrissement très superficiel est transmis en profondeur par les facteurs d'homogénéisation (microfaune) dont la densité diminue au fur et à mesure que l'on descend dans le profil.

- *Un lessivage oblique* des colloïdes mis en pseudosolution (par l'impact des gouttes d'eau ou par contact intime dans les horizons superficiels humifères) appauvrit les profils des hauts de versants en faveur des sols situés en contrebas dans la toposéquence (AUBERT et DUCHAUFOR, 1965). Ces mouvements obliques des eaux de drainage ont souvent été observés dans des cas particuliers où un horizon pratiquement imperméable se trouve sous une faible couverture de sol très perméable (exemple : dalle de granite sous une arène d'altération), mais il n'y a pas de raison pour que les mêmes phénomènes ne se produisent plus si les différences de perméabilité d'un horizon au suivant sont moins tranchées, ce qui est particulièrement le cas des sols ferrallitiques étudiés ici et d'une façon générale de beaucoup de sols développés sur les différentes formations granitiques, granito-gneissiques et schisteuses du massif guyanais ; ces sols présentent très fréquemment des horizons de "consistance" nettement différenciés par des contrastes texturaux et structuraux. Encore fallait-il tenter une approche chiffrée même relative de l'importance de ces écoulements obliques tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

- *Un lessivage vertical* dans les profils sur matériau très poreux entraîne les colloïdes des horizons superficiels mais ne dispose, dans la plupart des cas, que des accumulations diffuses et progressives en profondeur.

Si le drainage oblique est quasiment négligeable en Côte d'Ivoire pour les sols ferrallitiques de Divo par exemple puisqu'il n'atteint que 1 pour mille du bilan hydrique annuel en 1967 et 1968, il est loin d'être négligeable dans le cas des sols ferrallitiques de Grégoire puisque la moyenne 1974-1975 est de 0,83 % du bilan annuel et que d'autre part, les coefficients de drainage oblique maximum du bilan annuel ont été de 10,05 % en 1974 et de 6,87 % en 1975. Ces valeurs exceptionnellement fortes qui se sont produites durant les années 1974-1975 au début des saisons pluvieuses permettent de concevoir au moment où ont lieu ces forts écoulements, des phénomènes de transport dans les horizons subsuperficiels des sols. Le rôle de ces "ruissellements hypodermiques" tant sur l'organisation morphostructurale des horizons que sur la dynamique des éléments organiques et minéraux des sols est loin d'être négligeable.

Ces jours de forts écoulements internes (et externes) sont aussi importants pour les pédologues (géochimistes) que peuvent l'être les crues d'importances exceptionnelles pour les hydrologues lors de l'étude d'un bassin versant.

Ces écoulements exceptionnels ne se produisent en effet que lorsqu'un certain nombre de conditions préalables sont réunies, entre autres l'état d'humidité du sol ; ils restent d'autre part liés à l'intensité des pluies. Durant ces événements occasionnels bien que de durée limitée se produisent d'importantes transformations tant sur le sol que dans ce dernier (érosion, mobilisation d'éléments, réarrangements structuraux, plasmolyse, etc.). Les traces laissées sur le sol en particulier les chablis laissés par la chute des arbres ou dans les horizons lors de ces phénomènes contribuent à orienter l'évolution pédologique ultérieure de ces sols dans le sens de l'appauvrissement.

5336.2. Les pertes en terre. Appauvrissement et sélectivité de l'érosion

Le tableau n°55 nous renseigne sur la granulométrie des éléments en suspension et des dépôts solides recueillis dans les eaux de ruissellement et de drainage oblique au cours de la période 1974-1976.

La quantité totale des dépôts recueillis et cumulés n'a pas toujours été suffisante pour permettre une analyse granulométrique qui aurait donné des résultats significatifs (NALOVIC, 1978). C'est ainsi qu'ont été cumulés les dépôts suivants : G_1 (1975 + 1976) ; G_2 , G_3 et G_4 (1974+1975+1976). Par contre, en ce qui concerne les eaux de ruissellement nous avons une idée de la granulométrie des éléments fins en suspension pour chaque année. Il est d'autre part intéressant de comparer la granulométrie des éléments fins des terres érodées à celle du sol en place et en particulier à l'horizon de surface (0-10 cm) du profil BGF 8.

Les résultats de la campagne 1974-1976 montrent que les terres érodées sont nettement plus riches en argile (49,55 %) que l'horizon de surface du sol en place (24,8 %). Il en est de même pour les limons fins (2 à 20 microns) où la moyenne des eaux de ruissellement atteint 15,20 %

contre 4,3 %, soit environ trois fois plus que dans le sol en place. Les teneurs en limons grossiers (20 à 50 microns) sont par contre plus élevées dans le sol en place (1,8 % de 0 à 10 cm) que dans les terres érodées où la moyenne 1974-1976 s'élève à 0,41 %.

En ce qui concerne la matière organique, les résultats obtenus par différence, donc faussés par excès, montrent toutefois des valeurs nettement plus élevées dans les terres érodées que dans le sol en place.

Pour ce qui est des éléments charriés par le drainage oblique, nous observons dans ces eaux des valeurs du même ordre de grandeur que celles obtenues dans les terres érodées par les eaux de ruissellement pour l'argile ; que ce soit pour la gouttière G₁ (moyenne 1974-1976 égale à 49,86 %) que pour G₂ (53,58 %), G₃ (55,14 %) et G₄ (59,17 %). Ces valeurs sont donc très nettement supérieures à celles du sol en place aux différentes profondeurs correspondant aux gouttières ; nous rappelons que les gouttières sont respectivement situées à 15, 57, 86 et 164 centimètres de profondeur.

Les valeurs en limons fins des suspensions contenues dans les eaux de drainage oblique sont supérieures à celles du sol en place pour la première gouttière G₁ qui montre toutefois des valeurs deux fois moins importantes que pour les eaux de ruissellement. Enfin les pourcentages en limons grossiers, sables fins et sables grossiers sont beaucoup plus forts dans les terres en place que dans les terres érodées charriées par les eaux de drainage des gouttières G₂, G₃ et G₄.

n° des échantillons et années.	Argile % 0-2 µ	limon % 2-20 µ	limon grossier % 20-50 µ	sable fin % 50-200 µ	sable gros- sier % 200-2000 µ	Total	M.O Δ %
R 74	53,37	9,06	0,35	0,59	0,30	63,67	30,33
R 75	43,81	18,85	0,42	1,03	0,55	64,66	35,34
R 76	45,47	17,71	0,47	3,04	0,42	67,11	32,89
moyenne R 74-76	49,55	15,20	0,41	1,55	0,42	67,14	32,86
G ₁ 74	53,13	5,38	0,33	1,46	5,04	65,40	34,60
G ₁ (74-76)	49,86	7,96	0,20	1,29	3,63	63,04	36,99
G ₂ (74-76)	53,58	3,47	0,04	1,11	1,97	60,17	39,83
G ₃ (74-76)	55,14	2,84	0,11	1,70	2,27	62,06	37,94
G ₄ (74-76)	59,17	1,58	0,08	1,21	1,37	63,41	36,59
Profil BGF B (0-10 cm)	24,8	4,3	1,8	12,7	54,7		
(10-20 cm)	28,9	5,3	1,9	11,9	51,5		
(50-60 cm)	36,2	5,2	2,0	10,3	46,3		
(80-90 cm)	44,7	5,7	1,9	9,9	36,1		
(160-170 cm)	27,3	11,4	2,6	6,8	54,4		

Tableau n° 55. Granulométrie des eaux de Ruissellement et de Drainage oblique de GREGOIRE - Comparaison de la granulométrie des terres érodées et de la terre en place (%). Moyennes pondérées.

R = eaux de Ruissellement. G₁, G₂, G₃, G₄ = eaux de drainage oblique.

Δ = matière organique par différence (valeur surestimée).

La sélectivité joue non seulement sur la matière organique et sur l'argile, mais également sur les limons fins (2-20 microns) pour le drainage oblique (hypodermique) et pour le ruissellement. On assiste donc sur les sols ferrallitiques de Grégoire à un entraînement préférentiel par érosion superficielle et hypodermique, des particules fines ainsi que de la matière organique dans les horizons de surface, tandis que s'accumulent relativement en place les sables moyens et grossiers.

Sous forêt, à Grégoire, l'érosion en nappe et la sélectivité dans le transport des éléments en suspension dans les horizons subsuperficiels des profils est l'une des causes certaines de *l'appauvrissement en particules fines* de ces horizons et de leur richesse relative en sables grossiers. Le ruissellement hypodermique ou drainage oblique subsuperficiel des horizons humifères accentue ce phénomène.

Lors de la campagne 1974, la quantité totale de matériaux arrachés par érosion a été de 430 kgs/ha ; en 1975 cette valeur n'atteint que 333 kgs/ha, ce qui donne une valeur moyenne 1974/1975 de 381 kgs/ha/an. Ces valeurs relativement faibles de l'érosion montrent clairement l'action protectrice de la grande forêt ombrophile Amazonienne et le rôle de fixation du sol par l'entrelac des racines ; ces dernières forment un tapis superficiel particulièrement dense à la surface du sol. Toutefois, si en valeur absolue cette érosion n'est pas spectaculaire, elle n'en reste pas moins très pernicieuse car ce sont les éléments fins, les plus riches en matière organique et en éléments fertilisants du sol qui sont enlevés. Cette *érosion sélective* déjà mise en évidence par ROOSE, 1980, reste l'un des caractères les plus remarquables de l'appauvrissement en fines des horizons supérieurs des sols ferrallitiques développés sur diverses formations granitiques, granito-gneissiques ou gneisso-migmatitiques de l'ensemble du massif des Guyanes Amazoniennes. Les observations faites (BLANCANEUX, 1968 à 1984) au Brésil, au Surinam, en Guyane et au Venezuela ont souvent mis en évidence, à des degrés variables, ce rôle sélectif de l'érosion qui semble lié à la nature pétrographique des matériaux géologiques.

LELONG, 1967, BRUGIERE et MARIUS, 1967, ont établi les relations entre le sol et le substrat géologique à partir d'observations similaires.

Le phénomène d'appauvrissement semble donc jouer sur ces formations géologiques du bouclier guyanais et sur certains sols qui en dérivent (en particulier ceux qui ont des horizons B dits de consistance) avec beaucoup plus d'intensité qu'il n'a été signalé en Afrique sur les mêmes types de formations géologiques (MULLER, 1972, 1974, 1977). Ce fait est directement relié au ruissellement et aux circulations obliques subsuperficielles beaucoup plus importantes que nous avons mesurées en Amazonie.

Cette érosion préférentielle en éléments fins conduit à la destruction du complexe absorbant dans les horizons lessivés, ce qui réduit les possibilités de fertilisation ultérieure ; il y a appauvrissement au sens le plus général du terme des horizons superficiels et subsuperficiels des sols. Dans certains cas extrêmes et qui sont *loin d'être rares* à l'échelle du bouclier, un lit sableux, blanchi, constitué de quartz résiduel, apparaît à la surface du sol. Il s'agirait d'une sorte de podzolisation d'origine autant mécanique (appauvrissement) que chimique (dissolution).

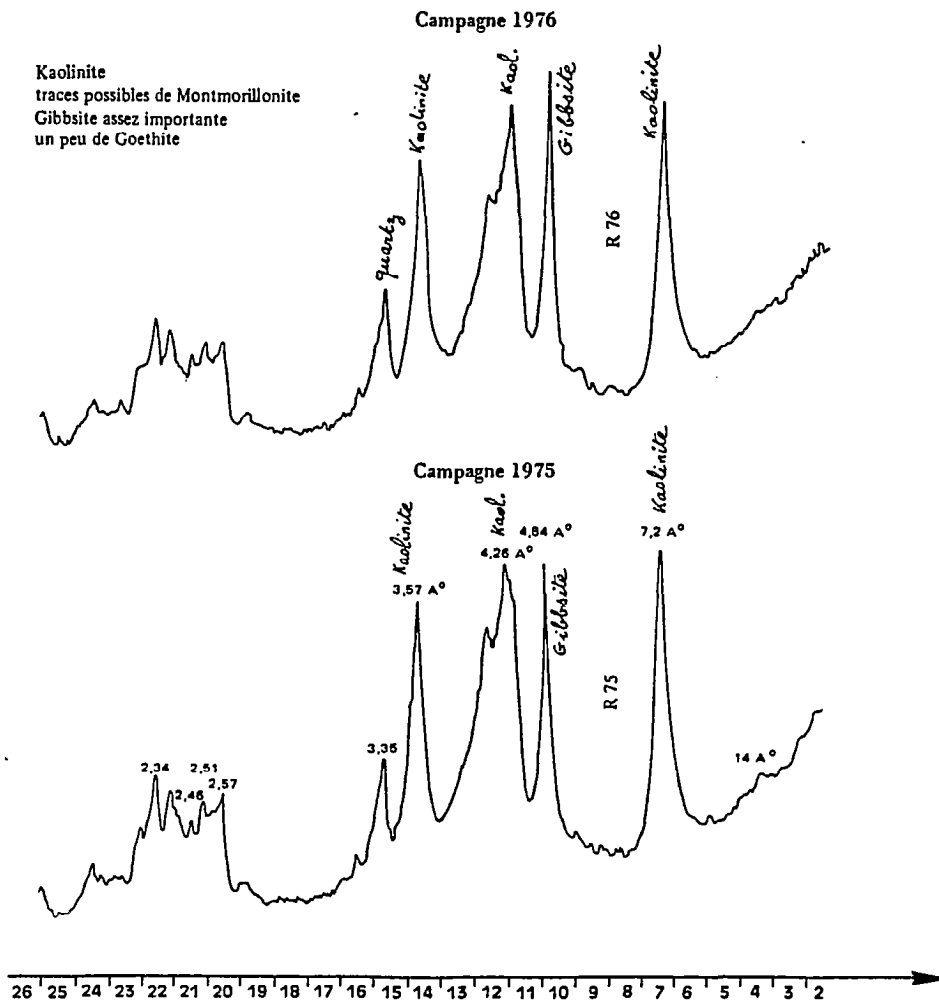
L'examen des toposéquences nous a indiqué que cet appauvrissement est limité verticalement dans le profil ; qu'il varie d'autre part suivant la position topographique à l'échelle du versant. La zone d'appauvrissement

maximum est localisée aux horizons de surface des profils situés en amont de la toposéquence ; c'est la zone de départ par lessivage des produits d'altération secondaires, avec entraînement préférentiel de l'alumine ; il y a corrélativement accumulation relative des minéraux primaires (résidu total élevé constitué principalement de quartz). Au tiers inférieur de pente et au bas de versant, il y a accumulation relative de ces éléments.

Les argiles dispersées au NH_4OH et recueillies tant dans les eaux de ruissellement que dans celles du drainage oblique, ont été soumises aux analyses roentgenographiques (Mme G. MILLOT, 1976). Les diagrammes aux R.X. révèlent d'une façon générale, à tous les niveaux d'écoulement, la présence dans les dépôts, de kaolinite, de gibbsite en quantité importante, de traces d'illite et de goethite. Dans les eaux de ruissellement, des traces de montmorillonite apparaissent également.

Les diagrammes aux R.X. correspondant aux argiles (fraction inférieure à 2 microns) contenues dans les eaux de ruissellement pour les campagnes 1975/1976 sont présentés dans la figure n°91.

Fig.91. DIAGRAMME AUX R.X. DES ARGILES RECUEILLIES DANS LES EAUX DE RUISSLEMENT



5336.3. Essai de bilan des pertes chimiques par ruissellement et drainage oblique

Nous n'avons pas tous les éléments indispensables à l'établissement d'une façon précise du bilan chimique de la parcelle. Il nous manque, en particulier, les apports par la litière ou par les eaux de pluies. De même, certains termes négatifs comme le drainage vertical qui a été déduit du bilan hydrique, sont approchés d'une manière empirique.

Nous tenterons toutefois d'établir ici les pertes en solution et en pseudo-solution au moins dans les eaux où elles ont été réellement mesurées.

Le bilan des pertes chimiques (tableau 56) a été calculé à partir des produits de volumes d'eau par les moyennes pondérées des teneurs en chaque élément (tableaux 51 et 52).

	1974				1975			
	RUISSELLEMENT Teneur moyenne en mg/l 4.905 m ³		DRAINAGE Oblique Teneur moyenne en mg/l 269 m ³		RUISSELLEMENT Teneur moyenne en mg/l 5.787 m ³		DRAINAGE Oblique Teneur moyenne en mg/l 183 m ³	
Ca	2,01	9,85	1,03	0,27	2,32	13,42	1,29	0,23
Mg	0,38	1,91	0,37	0,09	0,44	2,54	0,37	0,06
Na	2,34	11,47	2,48	0,66	2,21	12,78	2,21	0,40
K	2,03	9,95	1,22	0,32	1,18	6,82	1,44	0,26
Mat. organ. totale	8,7	42,67	5,19	1,39	10,15	58,73	5,92	1,08
Fe	0,23	1,12	0,16	0,04	0,14	0,81	0,14	0,02
Al	0,44	2,15	0,33	0,08	0,36	2,08	0,34	0,06
SiO ₂	7,2	34,92	5,12	1,37	4,03	23,32	4,83	0,88

Tableau n°56 - Essai de bilan des pertes chimiques par ruissellement et drainage oblique (kg/ha/an) de la parcelle de mesure de l'érosion, du ruissellement et du drainage oblique de GREGOIRE. Campagnes 1974 et 1975.

Pour les eaux de drainage oblique, nous avons pris les valeurs moyennes de l'ensemble des quatre gouttières.

Parmi les trois facteurs qui conditionnent l'évolution pédogénétique des sols ferrallitiques de Grégoire, à savoir le ruissellement, le drainage oblique et le drainage vertical, la comparaison des pertes mesurées en ce qui concerne les eaux de ruissellement et de drainage oblique, montre la prépondérance du premier phénomène sur le second. Le bilan hydrique a néanmoins clairement indiqué le rôle majeur du drainage vertical dans la pédogénèse du milieu.

L'érosion, même en quantité faible comme c'est le cas sous la forêt ombrophile de Grégoire, a une part importante dans la mobilisation de l'alumine et du fer, et un rôle encore plus important dans les pertes en matière organique totale. Les quantités exportées seraient sans doute beaucoup plus importantes si l'érosion augmentait par exemple sous culture, après défrichement.

Pour les huit éléments considérés (tableau n°56), les pertes par ruissellement superficiel sont trente fois plus élevées que pour les eaux de drainage oblique (moyenne des campagnes 1974/1975). Le ruissellement apparaît donc bien ici comme l'un des facteurs essentiels de la pédogénèse actuelle du milieu, et de l'appauvrissement des profils.

Le drainage oblique quoiqu'ayant, du point de vue des pertes, une importance moindre, n'en reste pas moins un facteur non négligeable dans l'exportation des éléments considérés particulièrement les plus solubles comme le sodium, le potassium, le magnésium et le calcium.

Les bases et l'azote migrent presque exclusivement en solution dans les eaux de ruissellement et de drainage. Par contre, le fer, l'alumine et une partie de la silice migrent principalement sous forme solide par érosion et lessivage oblique.

Ces résultats sont en tous points conformes à ceux de ROOSE, 1980.

CHAPITRE IV

LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE A CUVETTES SUR
REPLAT SOMMITAL (TOPOSEQUENCES II, III, IV)

1 - LE MODELE

Cette colline à versants dissymétriques a été caractérisée par trois toposéquences (II, III et IV) partant du profil BGF₁ respectivement suivant les directions E, NNE et SSO.

Vue de dessus, cette colline de forme ovale atteint environ 600 mètres de longueur suivant son grand axe orienté Est-Ouest et 330 mètres dans la direction Nord-Sud ; elle a un dénivelé maximum de 39,50 mètres (toposéquence IV) du sommet de la colline (BGF 1) au petit affluent du Sinnamary.

La colline est localisée sur la figure 11-b et le modelé des toposéquences est présenté sur les figures 15 et 16.

Toposéquence II (figure n°15)

La toposéquence II a une longueur totale de 330 mètres ; elle est orientée Ouest-Est et a un dénivelé de 38,40 mètres du sommet de la colline au ruisseau. La pente globale est de 12 %.

Cette séquence peut être subdivisée en deux unités topographiques :

- Un sommet très légèrement bombé ou *replat sommital*, convexe de 30 mètres approximativement de longueur et de pente moyenne égale à 7 %.
- Un versant linéaire, légèrement bosselé (accidents topographiques dus à la chute des arbres) de 300 mètres de longueur et de dénivelé égal à 36,30 mètres, soit de pente moyenne égale à 12 %.

Toposéquence III (figure n°16)

La toposéquence III a une longueur totale de 220 mètres et un dénivelé de 29 mètres du sommet de la colline au petit affluent du Sinnamary qui coule au bas du versant sur un seuil rocheux granitique affleurant.

Cette séquence peut être divisée en trois unités topographiques distinctes qui sont :

- Un sommet plan convexe de 80 mètres de longueur approximativement

et de pente moyenne égale à 9 %.

- Un haut de versant convexe, linéaire puis concave, de pente moyenne égale à 21 %.

- Un bas de versant ou *bas-fond* de 60 mètres de longueur environ constitué lui-même à son amont d'un *replat* d'environ 45 mètres de longueur et de pente moyenne égale à 2 %, et à son aval d'un *rebord* de 10 mètres de longueur et de 15 % de pente.

Toposéquence IV (figure n°16)

La toposéquence IV, orientée suivant l'axe de plus forte pente en direction sud, a une longueur totale de 110 mètres et un dénivelé de 39,50 mètres, soit une pente globale de 36 %.

Cette séquence peut se subdiviser en deux unités topographiques qui sont :

- Un replat sommital d'environ 10 mètres de longueur et de pente moyenne égale à 1 %.

- Un court sommet plan-convexe d'environ 40 mètres de longueur et de pente moyenne égale à 20 %.

- Un versant linéaire à très forte pente de 70 mètres de longueur avec une pente moyenne de 48 %.

L'absence de bas-fond, la forte convexité à l'aval du versant dans cette dernière unité topographique ainsi que le dégagement de la roche-mère granito-gneissique sont des indices assez nets d'une reprise de l'érosion régressive du réseau hydrographique dans le secteur.

On décrira d'abord le profil sommital BCF₁, en indiquant ses différences essentielles avec le profil BCF₅, puis les sols des versants.

2 - LE PROFIL SOMMITAL (BCF₁ décrit dans les dépressions circulaires)

2.1. DESCRIPTION DES HORIZONS

A₀₀-A₀ -2/0 cm.

Litière de feuilles mortes ; débris végétaux plus ou moins dégagés par l'érosion en nappe et le ruissellement superficiel ; petits quartz, lavés, entre les radicelles.

A₁

0-12 cm.

Brun-jaunâtre foncé (10YR3/4) ; humifère ; sablo-argileux à sable grossier ; petits quartz, lavés ; structure grumeleuse ; activité biologique forte ; matière organique directement décelable ; macroporosité forte (activité biologique intense) ; galeries racinaires ; apparemment perméable ; apparition de nodules ferrugineux à la base de l'horizon.

Transition distincte.

- B_{2gr} 12-35 cm.
Horizon gravillonnaire ; quartz ferruginisés, hétérométriques, nodules ferrugineux et lithoreliques à cortex brun, lisse, emballés dans un matériau sablo-argileux à sable grossier jaune-brunâtre (10YR6/8) assez collant ; revêtement argileux ; faces de décollement luisantes ; compact ; très peu perméable à imperméable ; peu poreux ; quelques racines déviées horizontalement. Transition nette.
- B₂ 35-85 cm.
Jaune-rougeâtre (7,5YR6/8) avec reliques rougeâtres qui augmentent avec la profondeur en taille et en nombre. Sablo-argileux à argilo-sableux à sable grossier ; collant ; structure massive à débits polyédriques émoussés ; compact ; ferme ; imperméable ; humide ; quelques feldspaths altérés, blanchis ; pas de racines. Transition distincte, linéaire, ondulée à sinueuse avec aspect dendritique et poches résiduelles de matériau rouge dans le jaunâtre.
- B₃ 85-180 cm.
Rouge (2,5YR4/8) ; sablo-argilo-limoneux à sable grossier ; sériciteux ; assez friable ; quelques pores tubulaires ; imperméable (l'eau stagne dans le trou longtemps après les averses) ; structure massive à débits polyédriques émoussés ; taches jaunâtres et jaune-rougeâtres (7,5YR5/8) à la limite supérieure de l'horizon ; compact ; ferme ; pas de racines. Transition graduelle.
- B_{3C} 180/300 cm.
Rouge (10R4/6) avec abondantes lithoreliques (structures géologique conservée) ferruginisées ; matériau sablo-argilo-limoneux à sable grossier ; structure massive à débits polyédriques, peu nette ; compact ; très ferme ; massif ; *sec au toucher* ; imperméable ; toucher sériciteux ; pas de racines. Transition diffuse.
- C 300-520 ? cm.
Rouge (10R4/6) avec fragments de roche altérée ; feldspaths blanchis très fréquents ; sablo-argilo-limoneux à sable grossier ; quartz abondants ; matériau massif ; toucher talqueux. Pas de racines.

Conclusion :

Ce profil montre une différenciation verticale nette avec, de bas en haut :

- à 85 cm - le passage d'un matériau *rouge*, sec au toucher, dépourvu de racines, à un matériau *jaune*, humide ;
- à 35 cm - le passage du matériau *jaune* à un horizon gravillonnaire constitué de nodules ferrugineux, de quartz et de lithoreliques ferruginisées.

Des minéraux altérés (feldspaths) s'observent dès 50 cm de profondeur. La structure de la roche mère est conservée en outre dans les lithoreliques ferruginisées.

2.2. CARACTERISATION DES HORIZONS EN LAMES MINCES

Horizon A₁ : (lame BGF₁₁ 0-12 cm)

Horizon humifère avec concrétions. Fig. 92.



0,5 mm.

Assemblage porphyroscuelique

Concrétion

plasma rouge-brun soutenu.

Cortex brun-jaunâtre

quartz.

quartz éclatés, fissurés, arrondis.

macroporosité; pores interconnectés.

plasma humifère; brun-jaunâtre, riche en inclusions de matière organique.

Commentaire :

Le *squelette* est abondant (60 %), dispersé, constitué de grains de quartz fissurés, corrodés, morcelés en une pâte de petits grains hétérométriques (1/10 mm), carriés qui subissent une dissolution actuelle. Ils sont fortement ferritisés. L'assemblage est porphyroscuelique.

Le *plasma* brun-jaunâtre, humifère est hétérogène. Il est constitué de plages jaune-grisâtres et de plages plus claires déferrifiées ; il est divisé et structuré (faiblement) en microagrégats (1/10 mm) d'ordre biologique ; il est riche en inclusions de matière organique.

La *porosité*, irrégulière, est faite de méso et métacavité, interconnectées ; tubulaire ; métavides et orthovides ; indices de tassement.

Les *nodules ferrugineux* sont fréquents ; leur *squelette* est également constitué de quartz internodulaires ; leur plasma rouge-brun de goethite bien cristallisée.

Diagnostic :

Cet horizon humifère est riche en nodules ferrugineux, constitués par des grains de quartz ferritisés et fossilisés par un cortex d'hydroxydes bien cristallisés (goethite) ; il paraît dériver d'un B. oxique jaune-rougeâtre à rouge ; les nodules hérités du B. Ox sont remontés par activité bio-mécanique. La structure, dans l'ensemble, est peu exprimée.

Horizon B_{2gr} riche en gravillons : (lame BGF₁₂ 28-35 cm)

(figure n°93 page suivante)

Commentaire :

Le *squelette* abondant est fait de quartz hétérométriques carriés, fissurés et ferritisés. L'assemblage est porphyroscuelique.

Fig. 93 - Horizon gravillonnaire B₂ gr.

Assemblage porphyroquelique



0,5 mm

modules hétérométriques
quartz ferritisés, morcelés.
conciétions
plasma à plages jaune vif,
très dense, fissuré, non structuré
et à plages rougeâtres

Le plasma est hétérogène ; il est constitué de plages jaunes prédominantes qui présentent elles-mêmes des plages plus claires (déferrifiées) avec des cavités d'éluviation. Ce plasma jaune est très peu structuré, d'aspect très dense ; des micropeds n'apparaissent que très localement ; il présente des indices de dissolution (quartz) ; il correspond à de la goethite mal cristallisée. Le deuxième type de plasma est celui des plages rougeâtres et jaune-rougeâtres, nettement moins abondantes que les plages jaunes précédentes. Il est relativement mieux structuré en agrégats (0,5 mm) dans lesquels on observe une porosité fine.

Les nodules ferrugineux sont extrêmement abondants et constituent 60 à 70 % de la totalité du matériau ; ils sont hétérométriques, la taille moyenne étant de l'ordre de 3 mm ; ils sont entourés d'un cortex brun foncé, lisse, très dur, fossilisant une pâte de petits quartz (1/10 mm), fissurés et ferritisés.

Diagnostic :

Par rapport à la lame précédente, le matériau apparaît au microscope très nettement moins structuré, particulièrement dans le matériau jaune vif, dense, orienté et à porosité très réduite. On retrouve à ce niveau du profil BGF 1, mais de façon beaucoup plus accentuée, les processus de différenciations plasmiques et d'individualisation des sesquioxides de fer principalement qui se manifestent dans le profil BGF₆ (lames BGF₆₃ et 6bis) de la toposéquence I.

Les transformations minéralogiques et microstructurales peuvent être résumées de la façon suivante :

Dans le fond matriciel hétérogène, on assiste à une redistribution du fer et à différents degrés de cristallisation de ce dernier.

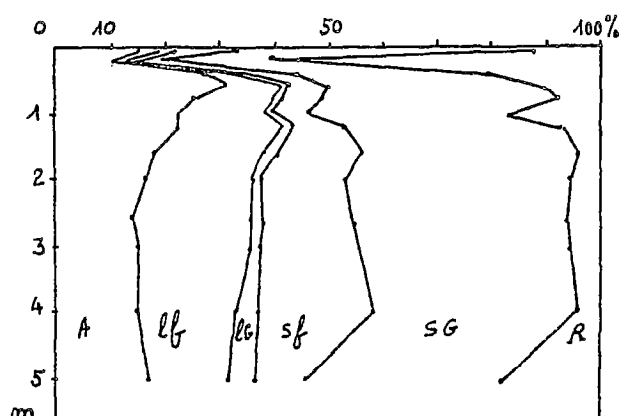
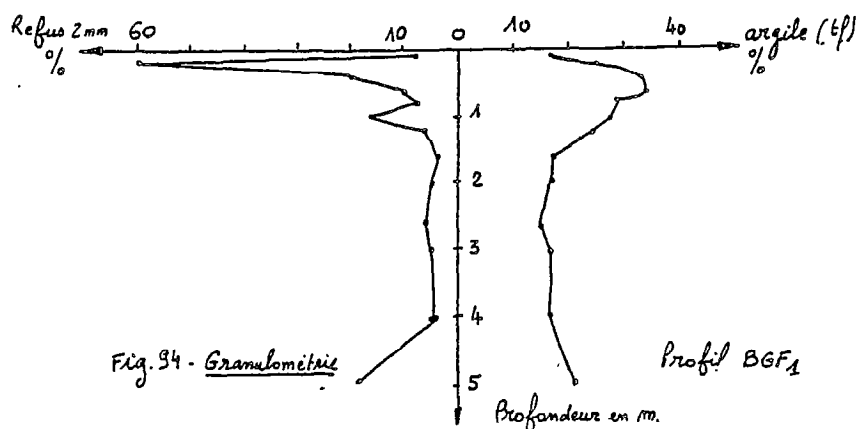
Dans le plasma jaune vif, dense, très peu structuré, si ce n'est par le développement de séparations plasmiques, il y a accumulation absolue de goethite alumineuse (R.X). En fonction du degré de cristallinité et de la concentration en fer, les plages varient du rouge violacé (goethite bien cristallisée) à l'ocre jaune (goethite mal cristallisée) ou au jaune safran (kaolinite résiduelle).

On observe une dissolution des quartz et une kaolinisation des muscovites présentes qui, par altération, se transforme en un plasma plus ou moins coloré par le fer (hématite et/ou goëthite alumineuse).

Dans les lithoreliques ferruginisées, on assiste également à la dissolution des quartz qui conduit à une certaine porosité alvéolaire. Cette transformation soustractive par désilicification conduit à une accumulation relative de fer et d'alumine dans le cas présent. Cette ferruginisation très marquée à ce niveau du profil conduit au maintien par fossilisation des organisations lithorelictuelles.

2.3. CARACTERISATION PAR DES MESURES PHYSIQUES ET CHIMIQUES (tableau 23 en annexe)

23.1. Granulométrie (figures n°94 et 95)



Commentaire :

Le *refus pondéral* atteint 60 % dans l'horizon gravillonnaire ; il décroît ensuite très rapidement jusqu'à une valeur moyenne de 5 % dès 120 cm de profondeur ; cette valeur reste stable jusqu'à 4 m de profondeur environ, puis croît de nouveau dans le matériau d'altération.

La teneur en *argile* de la terre fine croît très rapidement de la surface (16 %) jusqu'à 35 %, valeur atteinte vers 60 cm dans l'horizon B₂ sous-jacent à l'horizon gravillonnaire. Cette valeur décroît régulièrement par la suite avec la profondeur jusqu'à 15 % en moyenne dans l'altérite. Rapportée au sol total, l'augmentation de la teneur en argile dans l'horizon B₂ est encore plus rapide.

La teneur en *limons fins* est remarquablement élevée dans ce profil et augmente d'une façon régulière de la surface vers la profondeur. Le maximum (23 %) est atteint vers 250 cm dans l'horizon B₃C.

La teneur en *limons grossiers* reste faible dans l'ensemble et une légère augmentation est observée au niveau de l'altérite entre 3 et 5 m de profondeur.

La teneur en *sables fins* qui est de l'ordre de 15 % de 0 à 50 cm décroît ensuite jusqu'à moins de 10 % dans la tranche de sol entre 50 et 100 cm, pour augmenter par la suite avec la profondeur jusqu'à plus de 20 %.

Le *sable grossier* est la fraction dominante avec près de 60 % dans l'horizon humifère ; cette valeur décroît par la suite rapidement à 45 % en moyenne dès 40 cm de profondeur, soit dès la limite inférieure de l'horizon gravillonnaire corrélativement à l'augmentation à ce niveau de la teneur en argile.

Conclusion :

Au total, le profil BGF₁ montre une teneur élevée en squelette grossier (sable grossier, graviers de quartz...) qui est en accord avec la nature pétrographique du matériau originel (granito-gneiss à gros grains de quartz). Le maximum d'argile observé dans les horizons B peu profonds est remarquable pour son ampleur et sa décroissance inférieure très rapide ; ce phénomène est à relier à la différenciation d'un plasma jaune vif à partir du plasma rouge des horizons plus profonds.

La teneur en limons fins à partir de 50 cm de profondeur correspond aux horizons d'altération.

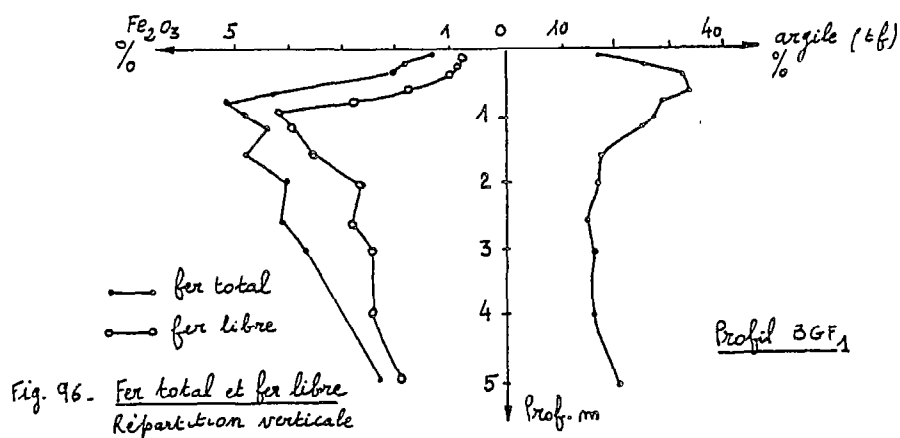
23.2. Teneurs en fer (terre fine)

(voir figure 96 page suivante)

Commentaire :

La teneur en fer total de la terre fine présente un maximum de 5,2 % qui coïncide avec le maximum d'argile. Cette teneur décroît progressivement avec la profondeur jusqu'à 2,5 % dans l'altérite. C'est aussi ce qui a été observé pour le sol du sommet de pente de la toposéquence I. Par

rapport au profil BGF 5, il y a ici en BGF 1 enrichissement relatif en fer dans les horizons de moyenne profondeur (plus de 4 % jusqu'à près de 3 m en BGF 1 contre 2 % environ en BGF 5).



Près de 80 % du fer présent se trouve sous forme "libre" et l'évolution verticale de la teneur en fer dans le profil suit régulièrement celle de l'argile.

23.3. Matière organique

Comme pour tous les profils de la séquence I, on observe en BGF 1 une décroissance très rapide de la teneur en carbone avec la profondeur ; de 3 % en surface à moins de 1 % dès 50 cm. Le rapport C/N reste très bas (inférieur à 10).

23.4. pH et cations

Le pH est toujours inférieur à 6 ; il varie de 4,9 (horizon humifère) à 5,7 (horizon B. Oxique).

Les cations échangeables sont en quantité insignifiante et rendent compte d'un milieu très lixiviant et de l'extrême pauvreté chimique de ce sol.

La capacité d'échange est également très faible, de l'ordre de 4 mé/100 g de sol en surface ; elle décroît à moins de 2 mé dans les horizons d'altération.

En résumé, les données morphologiques et les résultats analytiques du profil BGF 1 montrent :

- Un passage extrêmement brutal (plan et en quelques centimètres) d'un matériau rouge (B OX R) à un matériau jaune vif (B.OX J) avec une perte de structure aux dépens du B.OX R au départ relativement mieux structuré en micropeds. Le matériau jaune vif devient très dense, compact, très peu poreux. Mis à part les séparations plasmiques qui conduisent à une certaine fissuration du matériau, ce dernier se montre extrêmement mal structuré. Le matériau est imperméable. L'eau stagne très longtemps dans les trous après les averses à ce niveau. Cette différenciation plasmique rouge/jaune s'ac-

compagne d'une forte augmentation de la teneur en argile (kaolinite).

- A la limite supérieure de l'horizon B₂ jaune s'individualise un horizon gravillonnaire constitué de nodules ferrugineux, de quartz et de lithoreliques ferruginisées. Il y a ici une différenciation plus contrastée des horizons, tant au niveau textural que structural (horizon gravillonnaire, horizon jaune et horizon rouge).

- Les caractéristiques chimiques rendent compte dans ce profil du rôle majeur du fer. Le maximum de fer coïncide avec le maximum d'argile ; ces deux éléments ont donc des dynamiques associées. C'est essentiellement sous la forme de liaison hydroxyde de fer-kaolinite que ce déplacement s'effectue.

2.4. COMPARAISON AVEC BGF 5

Les différences entre les profils sommitaux des deux types de couvertures résident essentiellement en :

- Une plus grande différenciation structurale et texturale en BGF 1 dans les horizons B₂, B_{2gr} et entre les horizons B oxiques jaune et rouge, où les contrastes colorimétriques sont extrêmement nets.

- La présence d'un horizon gravillonnaire à la limite supérieure de l'horizon B₂ jaune.

- Un enracinement superficiel de la végétation en BGF 1 ; seuls les 40 premiers centimètres du profil sont explorés par le système racinaire.

- Une plus forte teneur en fer total (plus de 4 % de fer total en BGF 1 jusqu'à 3 m de profondeur contre 2 % en BGF 5). La valeur maximale est également plus forte (5,2 %) dans l'horizon B₂ de BGF 1 qu'en BGF 5 (4,7 %).

3 - LA COUVERTURE DES VERSANTS

Les variations latérales des horizons sont déduites de profils échelonnés sur les versants Est (toposéquence II), Nord-Nord-Est (toposéquence III) et Sud-Sud-Ouest (toposéquence IV). Les figures 97 et 98 présentent ces variations.

On constate d'abord que les horizons d'altération sont d'autant moins profonds (et donc le sol d'autant moins épais que la pente du versant est forte) :

Toposéquence	Versant	longueur	dénivelée	pente		épaisseur du sol **		
				moy.	max.	min.	moy.	max.
II	EST	330 m	38 m	12%	12%	3 m	4 m	5,5 m
III	N. Nord Est *	160 m	27 m	17%	21%	3 m	3 m	3,5 m
IV	S. Sud Ouest	110 m	37 m	34%	48%	1 m	2 m	3 m

* bas fond non compris (pente 2% - cf BGF 19).

** horizon B_{3c} compris.

On observe d'autre part que l'horizon B_2 du replat sommital passe latéralement à un horizon gravillonnaire B_{2gr} , ou à un horizon présentant des caractères intermédiaires entre B_2 et B_3 , et noté B_2/B_3 , puis à un horizon marqué par l'hydromorphie en bas de versant (indice g ou G).

La toposéquence II montre un épaississement des horizons B_3 et B_3C en bas de versant (donc un approfondissement des horizons C).

Cet approfondissement est moins marqué sur la toposéquence III.

La toposéquence IV montre au contraire un amincissement de tous les horizons en bas de versant.

On décrira séparément le profil BGF 19 situé en bas de la toposéquence III et qui représente les sols de bas-fond.

3.1. VARIATIONS LATÉRALES OBSERVÉES SUR LES TOPOSEQUENCES II (versant E) ET III (versant N.N.E.)

31.1. Horizon humifère de surface

Il s'agit d'un matériau meuble, humifère, noté A_1 . Il constitue un mince horizon d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur ; cette dernière varie peu le long de la toposéquence (12 à 19 cm). Il est toutefois absent dans les dépressions circulaires du sommet de pente, au fond desquelles l'horizon gravillonnaire est directement mis à jour. Cet horizon s'épaissit légèrement dans le bas-fond (BGF 19).

On y observe des taches et des auréoles brunâtres, rouilles ou claires, ainsi que des gaines d'oxydation le long des racines qui sont indicatrices d'un drainage interne déficient ; bien que présentes à tous les niveaux des toposéquences, elles le sont plus nettement à l'aval de ces dernières, ainsi que sur le replat sommital, entre les dépressions.

Les teneurs en carbone sont de l'ordre de 2 % et le rapport C/N inférieur à 15. Le taux de matière organique n'offre pas de variation latérale significative ; il reste compris entre 2,5 et 3 %.

Cet horizon est de texture sablo-argileuse ; on y observe néanmoins un maximum d'argile en BGF₂ (20 %) dans la partie amont et sommitale de la séquence. Dans le versant, la granulométrie varie peu ; le matériau meuble, sablo-argileux riche en sable grossier compte environ 60 % de sable grossier contre 15 % d'argile. Dans le bas de versant, cet horizon présente une granulométrie plus sableuse qui coïncide avec le développement d'un horizon brun-grisâtre plus pâle que l'horizon humifère supérieur (sables grossiers supérieurs à 70 %, argile environ 8 %).

Le pH est très acide et toujours inférieur à 5 (4,5 en moyenne).

31.2. L'horizon gravillonnaire (B_{2gr})

Cet horizon est constitué d'un ensemble d'éléments ferrugineux indurés (glébules), qui sont soit des *concrétions* à structure concentrique, avec cortex, soit des *nodules* ou des halos ferrugineux qui se différencient du fond matriciel en présentant des stades divers allant des formes diffuses à des éléments bien cristallisés, indurés et nettement individualisés.

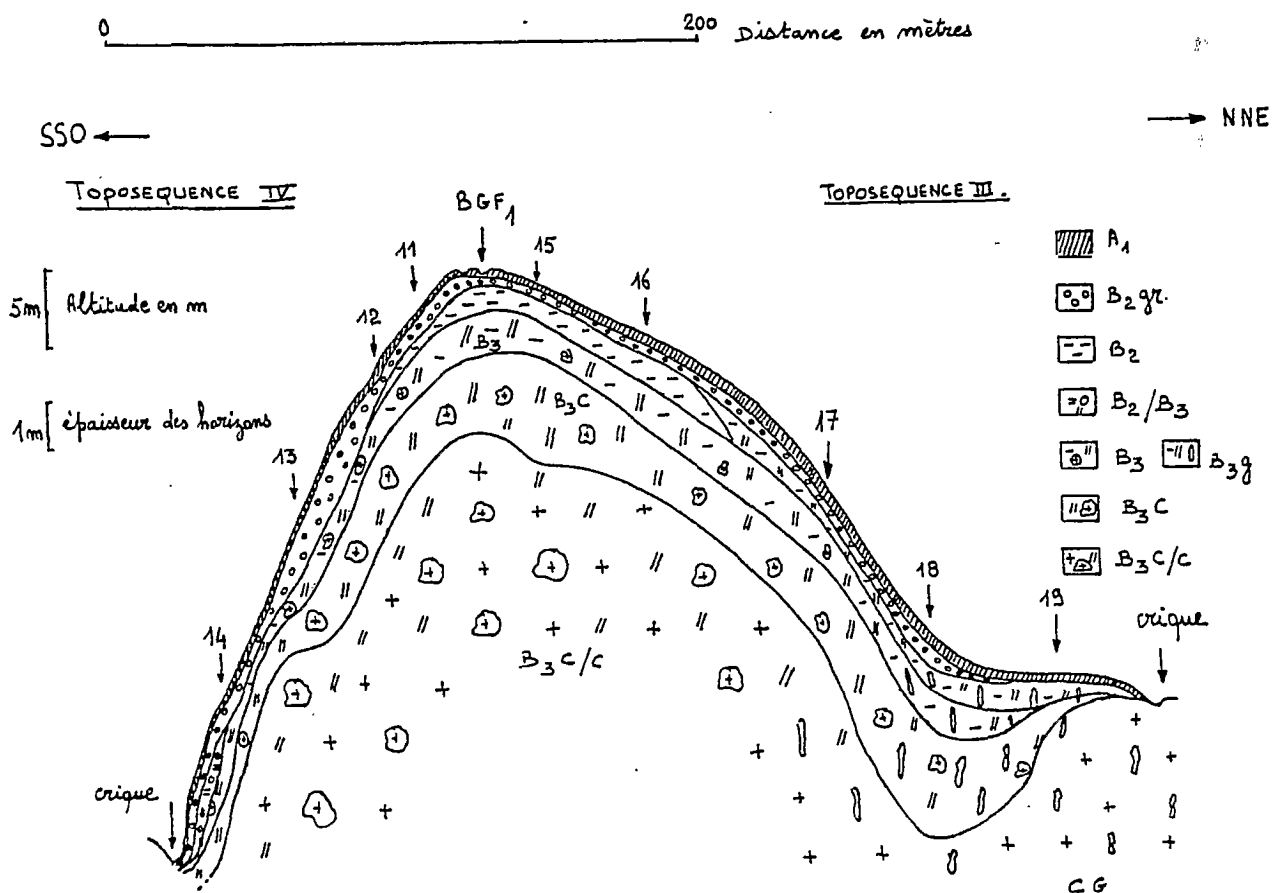
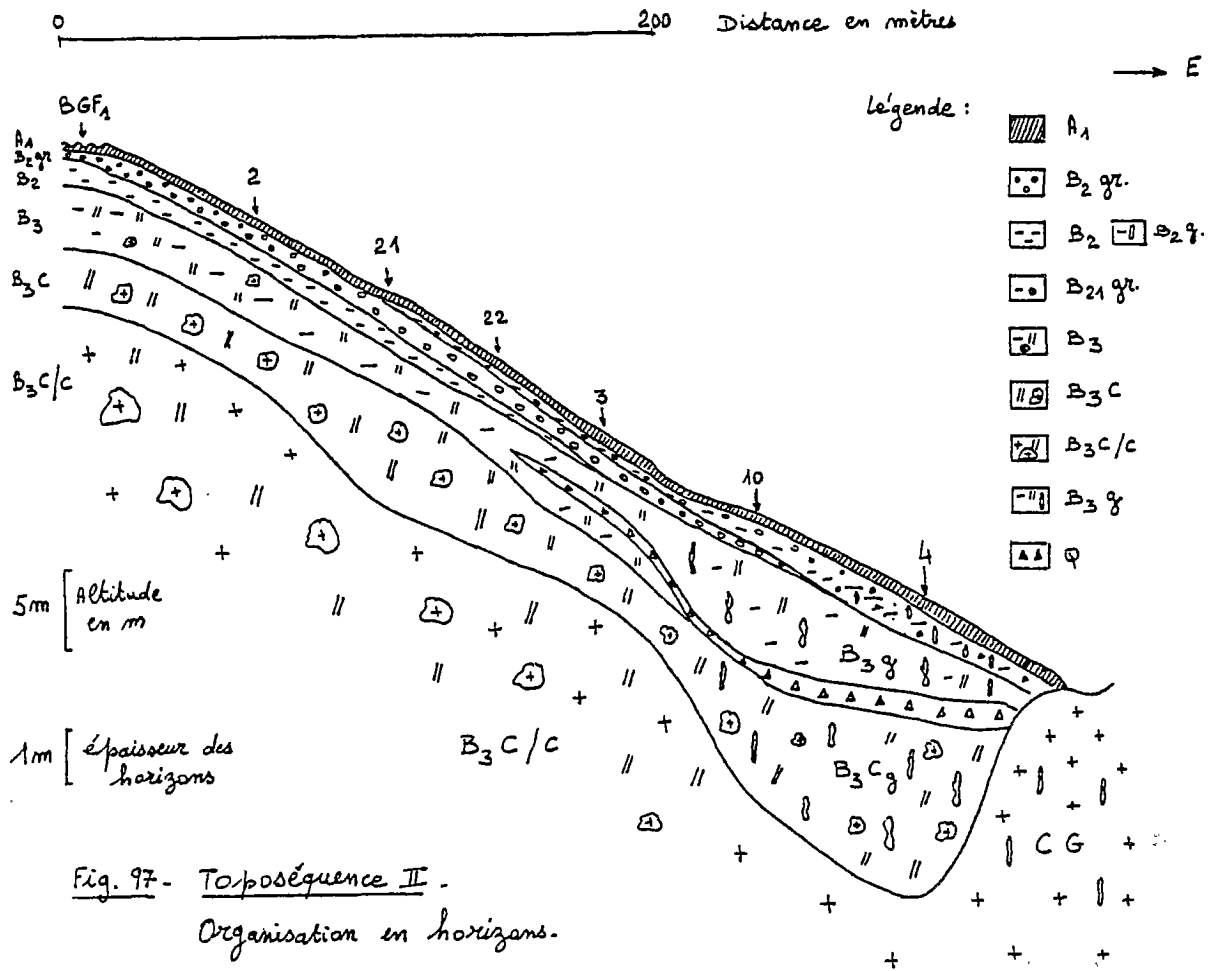


Fig. 98. ToPOSESEQUENCES III et IV. Organisation en horizons.

Les organisations internes de certaines de ces concrétions sont à faciès pegmatitique, lithorelictuel et témoignent de l'autochtonie de ces éléments hérités des filons.

Dans la toposéquence II, l'épaisseur de l'horizon gravillonnaire varie latéralement de même que la profondeur à laquelle il s'observe. Certains *remaniements locaux* (chute des arbres principalement) provoquent des renflements et des rétrécissements dans cet horizon. Il est fréquemment mis directement à la surface du sol dans la partie sommitale de la colline. Il disparaît vers l'aval du versant et est très aminci en BGF 10. Dans le bas de versant et à partir de BGF 10, il est englobé dans de nouveaux horizons B_{21} qui se différencient de B_2 latéralement vers l'aval ; les glébules s'observent alors à différents niveaux, discordance qui indique des remaniements, transformations et différenciations d'horizons postérieurs ou concomitants à l'individualisation de cet horizon gravillonnaire.

Dans la toposéquence III, on note une variation assez nette de l'épaisseur de cet horizon qui s'amincit progressivement vers l'aval du sommet plan convexe, de BGF 1 où il atteint 23 cm d'épaisseur à BGF 15 où il se réduit à quelques glébules à la limite supérieure de l'horizon B_2 sous-jacent. Il s'épaissit par la suite vers l'aval du versant linéaire où les éléments ferruginisés à cortex lisse, cuticulés, dont les noyaux sont riches en quartz, envahissent l'horizon B_2 dans toute son épaisseur (108 cm).

Ces éléments ferrugineux sont emballés dans un matériau sablo-argileux, plus argileux que l'horizon humifère (25 % d'argile en moyenne de la terre fine). Cette teneur en argile ne varie pas de façon significative au niveau de cet horizon dans la toposéquence.

Les teneurs en fer de la matrice de l'horizon gravillonnaire fluctuent autour de 2 % et ne présentent pas de variation latérale nette.

31.3. Les horizons B oxiques

313.1. L'horizon B oxique jaune vif, à taches rougeâtres

En BGF 1, sous-jacent à l'horizon gravillonnaire et suivant une transition très nette, se manifeste un horizon d'environ 50 cm d'épaisseur, plus argileux, de couleur jaune vif avec des reliques de matériau rouge, fréquentes à la base de l'horizon.

Les caractéristiques de cet horizon sont :

- la couleur jaune-vif dans l'ensemble avec à la base de l'horizon des poches résiduelles de matériau rouge (reliques du B Ox rouge) ;

- la texture : c'est l'horizon le plus argileux de tous les profils. Le contraste textural avec les horizons qui le délimitent (B_{2gr} et B_3) est d'autant moins marqué que l'on va vers l'aval des versants ;

- la structure : elle est massive ; le matériau au microscope se montre déstructuré par rapport au B oxique rouge ; la transition structurale est brutale dans la partie sommitale (BGF₁, BGF₁₅ et BGF₁₆) ; elle s'atténue avec la fonte du B_2 oxique jaune dans le B_3 rouge vers l'aval (BGF 17 et 18). Ce caractère est à relier à la moindre profondeur de l'horizon B_3 et des horizons d'altération en bas de versant.

Latéralement, vers l'aval de la séquence II, l'horizon B₂ se différencie en deux sous-horizons (B₂ et B_{2,1}) tandis que l'hydromorphie se manifeste graduellement vers le bas de pente sous forme de taches et de marbrures de pseudo-gley (g).

D'une cinquantaine de centimètres d'épaisseur au sommet de pente où il est très nettement individualisé, cet horizon perd progressivement vers l'aval ses caractères originaux, en particulier couleur et structure, au fur et à mesure de l'apparition des deux sous-horizons. L'horizon B₂, tel qu'il se manifeste en BGF₁, n'est plus reconnaissable dans le bas du versant.

Dans la toposéquence III, latéralement de l'amont vers l'aval, il y a perte d'individualisation de cet horizon par rapport au B oxyde rouge. L'horizon B₂ de couleur jaune-vif au sommet, passe graduellement à un jaune-brunâtre en BGF 15, jaune-rougeâtre plus ou moins riche en plages rouge-jaunâtres en BGF 18. Dans le sol du bas-fond, la remontée de la nappe et l'accumulation de la fraction sableuse modifie profondément les couleurs qui tendent vers un brun-jaunâtre plus ou moins clair ou grisâtre.

Vers l'aval, l'horizon B₂ *tend à se fondre* dans un horizon B₃ (apparition de plages rougeâtres). Les caractéristiques granulométriques différencient néanmoins ces horizons et cela d'autant mieux que l'on est proche du sommet, par une relative richesse en argile (34-37 %), sans que l'on ne note de variation latérale très significative de cette teneur qui a tendance à diminuer vers l'aval.

Le *sable grossier* reste la fraction largement dominante (45 % en moyenne) avec une augmentation vers l'aval.

Les *teneurs en fer* sont en moyenne deux fois plus élevées dans cet horizon que dans l'horizon gravillonnaire. Les plus fortes valeurs sont observées dans les sols du sommet de pente (BGF 1 et 2) avec plus de 5 % de fer total ; cette teneur *décroît progressivement latéralement vers l'aval* au fur et à mesure de la différenciation et de la perte d'individualisation de cet horizon jaune.

Le pH ne montre pas de variation latérale significative ; il reste de l'ordre de 5,5, valeur supérieure d'une unité environ en moyenne à celle de l'horizon humifère.

En conclusion, on assiste à une diminution vers l'aval des caractéristiques propres à l'horizon B oxyde jaune. Il y a perte d'individualisation de cet horizon de l'amont vers l'aval des toposéquences.

La limite inférieure de l'horizon B₂ est sinueuse, digitée, et la transition avec le B oxyde rouge qu'il surmonte est extrêmement nette, d'ordre centimétrique. Des "poches" résiduelles du rouge s'observent dans le jaune. Les observations micromorphologiques ont montré la *réorientation du plasma* et la distribution relativement plus régulière du squelette. Il y a à ce niveau *disparition* presque totale des organisations héritées de la roche mère. Cette fonte des organisations s'accompagne d'une *micro-déstructuration* ; le matériau est compact et *imperméable*.

313.2. L'horizon B oxique rougeâtre à rouge (B₃)

La transition entre l'horizon B₂ jaune et l'horizon B₃ rouge qui est extrêmement rapide (centimétrique) dans les sols du sommet de pente, tend à être progressive puis diffuse vers l'aval.

L'horizon B oxique rouge, au sommet de pente et dans le 1/3 supérieur du versant passe progressivement à un horizon jaune-rougeâtre vers l'aval. L'apparition de taches dues à l'hydromorphie se manifeste de plus en plus haut dans les profils à mesure que l'on descend le versant (à partir de BGF 10).

Dans tous les profils, les *taux en argile* sont nettement inférieurs à ceux de l'horizon sus-jacent (B Ox jaune). On ne note pas de variation latérale significative des teneurs en argile qui se situent autour de 25 % soit environ 10 % en moyenne de moins que dans l'horizon B₂.

Les taux en limons (fin + grossier) sont par contre deux à trois fois plus élevés en moyenne dans cet horizon que dans le B oxique jaune, respectivement pour les sols du sommet de pente et ceux du versant ; l'augmentation significative des taux en limons en bas de versant (30 %) témoigne de la relative proximité du matériau d'altération.

C'est dans cet horizon que la *concentration en fer est maximale*. Elle décroît de 5 % au sommet, à 3 % (BGF 18) ou 2 % en BGF 4.

L'analyse micromorphologique rend compte d'une micro-structuration relativement plus développée (micropeds) que dans l'horizon supérieur. C'est également dans cet horizon que commence à prendre naissance la dégradation microstructurale qui se manifeste par l'apparition de plages jaune-rougeâtres. A la limite supérieure de l'horizon, le plasma rouge a tendance à s'isoler dans une matrice apédale de plus en plus décolorée à mesure que l'on monte dans le profil.

31.4. Les horizons d'altération (B₃C et C)

Les horizons d'altération apparaissent vers 2 m de profondeur en moyenne. Ils sont caractérisés par l'abondance des fragments de roche altérée ainsi que de lithoreliques à structure géologique conservée plus ou moins ferruginisés dont par ailleurs, quelques éléments sont observés dans l'horizon B Ox rouge sus-jacent. Bien que des petits cailloux de roche altérée et de petits fragments lithorélictuels se manifestent déjà dans l'horizon B₃, c'est en effet à partir de l'horizon B₃C qu'ils augmentent considérablement.

314.1. L'horizon B₃C

Cet horizon a une épaisseur variable dans la séquence II. Son épaissement est maximum dans le 1/3 supérieur du versant où il atteint environ 220 cm (BGF 21). Dans la toposéquence III, l'horizon d'altération B₃C se manifeste à une profondeur relativement plus faible (dès 140 cm en BGF 15), en relation avec le modelé plus pentu.

Le matériau est de couleur rouge (2,5YR4/8) avec des plages jaune-rougeâtres (7,5YR6/8). L'horizon B₃C de la séquence III est marqué par une couleur rouge plus soutenue qui varie d'un rouge (10R4/6) en BGF 1,

15 et 16 à un rouge tacheté (2,5YR5/8 et 7,5YR7/6) en BGF 18 où se développe un pseudo-gley.

L'horizon B₃C se caractérise par une texture sablo-argilo-limoneuse, le sable grossier prédominant largement sur les autres fractions granulométriques. Cette teneur en sable grossier varie d'ailleurs peu latéralement dans la séquence.

Les *teneurs en argile* restent de l'ordre de 15 % dans cet horizon à tous les niveaux de la toposéquence. Il est donc relativement moins riche en argile que les horizons oxydés supérieurs.

Par rapport à l'horizon B₃ sus-jacent, la *teneur en limons* croît légèrement, de même que l'on observe une augmentation de cette teneur latéralement dans la séquence III ; de 25 % en BGF 1 à 30 % en BGF 18.

L'horizon est de structure massive qui se résout en agrégats polyédriques peu nets. Il est très compact ; ferme et peu perméable (l'eau stagne longtemps après les averses dans les fosses). De fréquents morceaux de granite, altérés, de feldspaths blanchis et de petits micas (muscovite) altérés sont observés. Le toucher, à l'état sec, est talqueux, sériciteux, doux. Le matériau tache les doigts.

Enfin cet horizon se caractérise par une teneur en fer relativement moins importante que dans l'horizon B₃ oxydés rouge sus-jacent.

314.2. L'horizon C

Cet horizon se caractérise par une texture sablo-limono-argileuse où la fraction dominante est le sable grossier (40-50 %) mais avec une augmentation sensible de la teneur en limons (plus de 30 % de limons fin + grossier). On observe également un accroissement assez net des taux en sables fins (20 %) dans cet horizon.

Latéralement on observe des valeurs élevées en *limons fins* d'autant plus proches de la surface que l'on descend vers l'aval des toposéquences.

Les *teneurs en argile* de l'ordre de 15 % dans la partie amont et sommitale ont tendance à décroître jusqu'à 10 % environ en bas de pente.

Les *sables fins* augmentent assez nettement de l'amont (10 % en BGF 1) vers l'aval (20 % en BGF 4).

Les *teneurs en fer* sont moins élevées dans cet horizon que dans les horizons supérieurs. Latéralement, dans la séquence II, le fer total reste de l'ordre de 2,5 à 3 % du sommet de pente jusqu'au profil BGF 10 à partir duquel la teneur chute à 1 % en relation avec l'apparition de la nappe phréatique. Dans la toposéquence III, on note également une diminution de la teneur en fer vers l'aval. Par ailleurs, dans tous les profils, on observe une diminution de la teneur en fer avec la profondeur.

L'horizon C a une structure massive ; le matériau se débite en polyèdres mal définis ; il est compact, de couleur rougeâtre plus ou moins tacheté par des feldspaths altérés, blanchis. L'apparition de taches d'hydromorphie se fait d'autant moins profonde dans les sols que l'on descend vers l'aval de la séquence. Cet horizon garde un toucher sériciteux, talqueux et il tache les doigts. De très fréquents blocs de roche altérée à structure

géologique conservée, plus ou moins ferruginisés sont observés, de même que des paillettes de micas (muscovite) ferruginisées sur les bords par des dépôts de fer + argile (également entre les feuillets).

Dans la toposéquence II, du profil BGF 1 au profil BGF 18, on ne note *pas de variation latérale significative* des fractions granulométriques. Dans la séquence III, seules la profondeur relativement plus faible à laquelle est rencontré cet horizon et la généralisation d'une hydromorphie dans le bas du versant et dans le bas-fond où affleure la roche résistante tendent à différencier cet horizon C de celui qui a été observé dans la toposéquence II.

3.2. VARIATION LATÉRALE OBSERVÉE SUR LA TOPOSEQUENCE IV (versant pentu de direction Sud-Sud-Ouest)

32.1. Les sols du 1/3 supérieur de versant (BGF 11 et BGF 12)

321.1. Description des horizons

Profil BGF₁₁

- A_{oo} -1/0 cm.
Litière très mince.
- A_o 0-9 cm.
Tapis racinaire ; racines et radicelles dégagées par le ruissellement.
- A₁ 9-18 cm.
Brun-jaunâtre (10YR4/4) ; humifère ; sablo-argileux à sable grossier ; structure grumeleuse à tendance particulaire ; meuble ; poreux ; activité biologique forte ; abondantes racines hétérométriques, déviées horizontalement à la limite inférieure de l'horizon ; indices de lessivage ; petits quartz lavés, entre les racines, corrodés, arrondis. Matériau friable.
Transition distincte.
- B_{2gr} 18-52 cm.
Horizon gravillonnaire ; nodules ferrugineux ; concrétions et gravillons ferrugineux, durs, à cortex lisse, jaune-brunâtre et brun, hétérométriques (du gravillon au cailloux de plusieurs centimètres), emballés dans un matériau sablo-argileux à sable grossier jaune-brunâtre (10YR6/8) à jaune ; assez collant ; revêtements argileux fréquents ; faces luisantes de décollement et placages argileux ; peu perméable ; macroporosité tubulaire (activité biologique) ; galeries racinaires ; racines nombreuses déviées horizontalement ; elles s'arrêtent à 52 cm.
Transition nette.
- Q 52-72 cm.
Filon de pegmatite constitué de blocs hétérométriques et de graviers et cailloux où abondent les feldspaths altérés, ferruginisés, plus ou moins enrobés d'un cortex ; ces éléments sont emballés dans un matériau argilo-sableux jaune-rougeâtre riche en sable grossier.
Transition nette.

- B₃ 72-147 cm.
Jaune-rougeâtre (7,5YR5/8) avec des plages rouge-jaunâtres et rouges (2,5YR4/8) sablo-argileux à sable grossier ; quartz grossiers abondants ; structure massive à débits polyédriques, peu nets ; assemblage compact ; revêtements argileux et placages sur les quartz ; horizon massif, ferme, imperméable ; taches jaunâtres d'hydromorphie temporaire.
Transition rapide.
- B₃C 147-300 ? cm.
Rouge (10R4/6) ; sablo-argilo-limoneux à sable grossier ; relativement homogène ; massif à débits polyédriques émoussés ; compact ; très ferme ; se désagrège à l'état sec sous la pression des doigts ; éléments lithorelictuels fréquents ; micas (muscovite) altérés et feldspaths blanchis nombreux ; matériau peu poreux ; très peu perméable.

Profil BGF₁₂

Par rapport au profil précédent, il y a envahissement de l'horizon argileux B₂ par le filon de pegmatite ; on ne dissocie plus dans ce profil l'horizon gravillonnaire du filon de pegmatite.

Les autres caractéristiques sont similaires y compris l'épaisseur des horizon B₃ et B₃C.

32.2. Le sol de mi-pente (BGF₁₃)

- Aoo -1/0 cm.
Litière discontinue.
- A₁ 0-17 cm.
Brun-jaunâtre foncé (10YR4/4) ; humifère ; sablo-argileux à sable grossier ; quartz grossiers, hétérométriques (3 mm), fréquents ; meuble ; poreux (macroporosité) ; forte activité biologique ; structure grumeleuse ; matière organique directement décelable ; galeries racinaires fossiles par lesquelles *l'eau gicle lors des averses, obliquement et par la face amont de la fosse pédologique*. Racines très nombreuses, horizontales.
Transition distincte.
- B₂gr 17-35 cm.
Horizon gravillonnaire ; très nombreux éléments indurés hétérométriques, lithorelictuels, qui prennent naissance à partir de gros blocs plus ou moins ferruginisés et indurés qui se prolongent dans l'horizon sous-jacent. Matériau jaune-rougeâtre (10YR6/8), sablo-argileux à sable grossier ; structure massive à débits polyédriques peu nets ; compact ; ferme ; collant ; macropores d'activité biologique et galeries racinaires ; racines déviées, horizontalement par les blocs indurés.
Transition nette, plane.
- B₃ 35-108 cm.
Alignement plus ou moins parallèlement à la pente de blocs lithorelictuels ferruginisés et indurés, hétérométriques (jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres de diamètre) rouge foncé ;

cailloux de feldspaths plus ou moins ferruginisés, emballés dans un matériau rouge-jaunâtre sablo-argileux à sable grossier ; compact ; très ferme ; structure polyédrique subanguleuse, peu nette en assemblage massif ; racines déviées à la limite supérieure des blocs indurés.

Transition progressive.

B₃C 108-240 cm.
Rouge avec de très gros blocs de pegmatite ; éléments à structure géologique conservée abondants à feldspaths blanchis ; hétérométriques (plusieurs dizaines de centimètres), dans un matériau sablo-limono-argileux à sable grossier ; assemblage massif ; très compact ; très ferme ; sec au toucher ; imperméable. Pas de racines.

Conclusion :

Ce profil est remarquable par l'alignement des reliques ferruginisées d'éléments qui se dissocient vers le haut du profil à partir de filons de pegmatites légèrement obliques par rapport au modelé. Ces éléments de plus en plus petits à mesure que l'on se rapproche de la surface du sol, se dissocient des filons en s'individualisant les uns des autres par acquisition d'un cortex de plus en plus patiné et lisse vers le haut du profil.

32.3. Le sol du bas de pente (BGF 14)

Aoo -3/0 cm.
Tapis racinaire.

A₁ 0-13 cm.
Brun-jaunâtre (10YR4/4) ; humifère ; sablo-argileux à sable grossier ; quartz fréquents ; matière organique directement décelable ; meuble ; poreux (macroporosité) ; galeries racinaires ; racines nombreuses, à tendance horizontales ; activité biologique très forte.
Transition rapide.

B_{2gr} 13-50 cm.
Jaune-brunâtre devenant graduellement jaune-rougeâtre (10YR6/8) ; nombreux éléments lithorelictuels indurés, hétérométriques et nodules et concrétions ferrugineux à cortex patiné, lisse, très dures ; cassés au marteau, on observe un noyau rouge avec de très nombreux petits quartz cimentés par des hydroxydes de fer. Matériau sablo-argileux à sable grossier ; structure massive à débits polyédriques ; racines horizontales, nombreuses entre les concrétions.
Transition diffuse.

B_{2/B3} 50-80 cm.
Jaune-rougeâtre passant à un rouge-jaunâtre ; argilo-sableux à sable grossier ; structure polyédrique en assemblage massif, compact ; très ferme ; collant ; placages et revêtements argileux ; peu poreux ; pas de racines, elles s'arrêtent à la limite inférieure de l'horizon gravillonnaire. Très peu perméable.
Transition diffuse.

B₃/B₃ C 80-310 cm.
Rouge (10R4/6) ; sablo-argilo-limoneux à sable grossier ; matériau très ferme ; massif et très compact ; imperméable ; sec au toucher ; blocs lithorelictuels de plus en plus abondants avec la profondeur.

En résumé, le sol du bas de versant montre la même succession d'horizons que les sols du sommet (BGF 1 et 11), à savoir : un mince horizon humifère, un horizon gravillonnaire, un horizon B₂ oxique jaunâtre plus ou moins riche en gravillons ferrugineux, un horizon B₃ oxique rougeâtre et un horizon d'altération B₃C. Les transitions d'un horizon à un autre étant toutefois plus diffuses vers l'aval de la toposéquence où les horizons ont tendance à se chevaucher (BGF 14).

32.4. Conclusion

En haut de versant, l'horizon B₂ décrit dans le profil sommital BGF 1 fait place latéralement à un horizon gravillonnaire noté B₂gr, dont la matrice présente les mêmes caractères que l'horizon B₂.

Les horizons du sol subissent de haut en bas du versant une diminution d'épaisseur puisque l'horizon BC apparaît successivement à 1,5 m, 1 m et 0,8 m dans les profils BGF 11, BGF 13 et BGF 14.

Les profils étudiés sur ce versant se distinguent en outre du profil sommital par la présence de filons de pegmatite, obliques par rapport à la surface topographique, dans les horizons BC et B₃. Des morceaux de pegmatite, plus ou moins ferruginisés, s'observent alors dans l'horizon gravillonnaire. En BGF 14, il n'y a pas de filon de pegmatite et l'horizon B oxique jaune y est relativement mieux individualisé. L'horizon gravillonnaire se maintient jusqu'en bas de versant (BGF 14) avec quelques variations d'épaisseur.

En BGF 11, les blocs reliques de pegmatite (ferruginisés) forment un niveau de 25 cm d'épaisseur sous l'horizon gravillonnaire B₂gr. Ce dernier est lui-même plus épais (35 cm) qu'en BGF 13 (18 cm). Toutefois dans le profil BGF 13, l'horizon B₃ sous-jacent contient encore de nombreux blocs lithorelictuels. En BGF 14, l'épaisseur de l'horizon gravillonnaire est à nouveau de 35 cm.

L'horizon A₁ du profil BGF 13 est le siège d'un écoulement oblique de nappe perchée. Celle-ci est associée à l'horizon gravillonnaire, lequel présente une forte macroporosité (magasin de nappe). Dans cet horizon, les racines, nombreuses, sont déviées horizontalement par les blocs ; plus qu'un blocage brutal de l'enracinement, il y a surtout déviation et diminution progressive (pas de racines dans l'horizon B₃C).

L'imperméabilité et l'absence de racines dans cet horizon B₃C, "sec au toucher" à partir de 1 m de profondeur, témoigne d'un drainage vertical contrarié au profit d'un écoulement latéral superficiel (vers 10-15 cm de profondeur) sous la forme d'un ruissellement hypodermique considérable qui se traduit par l'apparition de griffes d'érosion à la surface du sol.

32.5. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques

325.1. L'horizon humifère de surface

Le tableau n°57 résume quelques données analytiques (granulométrie, pH, matière organique et fer total) des différents profils de la toposéquence IV. Nous en discutons les variations latérales.

Tableau n°57. Toposéquence IV. Horizon humifère. Données analytiques.

Profil n°	BGF ₁	BGF ₁₁	BGF ₁₂	BGF ₁₃	BGF ₁₄	
Profondeur Cm.	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	
Couleur	10YR3/4	10YR3/4	10YR3/4	10YR3/4	10YR3/4	
10-2 {	Argile (t _f)	16	20	21	20	23
	Limon fin	4	4	4	5	5
	Limon grossier	2	2	3	2	2
	Sable fin	13	12	13	15	14
	Sable grossier	60	60	55	54	53
	Matière organique	3	5	4	4	5
pH	4,9	3,8	4,2	4,7	4,9	
Fe ₂ O ₃ %	1,3	1,6	1,5	1,8	2,3	

Commentaire :

Dans tout le versant, la granulométrie de l'horizon humifère reste remarquablement homogène, sablo-argileuse à sable grossier. Les sables grossiers (50 à 60 %) prédominent sur toutes les autres fractions granulométriques (20 % d'argile en moyenne). La caractéristique principale de cet horizon, en accord par ailleurs avec les observations faites sur toutes les toposéquences, est celle d'être un *horizon appauvri en fractions fines* et à squelette résiduel grossier, quartzueux très abondant. Le pH reste également très acide et régulièrement en-dessous de 5. Les teneurs en *fer total* sont faibles, de l'ordre de 1,5 %. Les teneurs en *matière organique* varient peu latéralement ; elles se situent autour de 4 %.

325.2. L'horizon gravillonnaire

La toposéquence IV a l'intérêt de préciser les *relations directes entre les filons de pegmatite* et les éléments ferrugineux (concrétions ou autres blocs indurés) qui en dérivent. En effet, dans les profils (plus particulièrement BGF 13) on a pu suivre les variations verticales des filons pegmatitiques ; de la base vers le sommet, on assiste à l'individualisation progressive des concrétions à partir de blocs plus ou moins ferruginisés

de profondeur, mais où sont reconnaissables les feldspaths blanchis. Ces blocs se morcellent dans l'horizon B oxisque, puis ont tendance à s'isoler du fond matriciel en s'enrobant d'un cortex lisse ; cassés au marteau, ces concrétions ou ces blocs indurés offrent un noyau dont l'organisation interne reste à faciès pegmatitique. Les éléments ferrugineux sont de plus en plus petits à mesure que l'on s'approche de la surface. Sous la double action de l'appauvrissement en fractions fines de l'horizon humifère par ruissellement hypodermique, et de l'érosion superficielle en nappe il y a un remaniement sub-superficiel important.

Ces éléments ferrugineux sont emballés dans un matériau *sablo-argileux* à sable grossier, plus riche en argile que l'horizon humifère (25 % en moyenne) qui n'offre pas de particularités en regard des toposéquences II et III.

325.3. L'horizon B oxisque jaune

Le tableau n°58 résume quelques données analytiques concernant cet horizon.

Tableau n°58 - TOPOSEQUENCE IV- HORIZON B₂ oxisque jaune . Données analytiques

Profil n°	BGF ₁	BGF ₁₁	BGF ₁₂	BGF ₁₃	BGF ₁₄	
Profondeur cm.	60-70	60-70	60-70	60-70	60-70	
Couleur	7,5YR 6/8 2,5YR 5/8	7,5YR 6/8 2,5YR 5/8	7,5YR 6/8 2,5YR 5/8	7,5YR 6/8 2,5YR 5/8	7,5YR 6/8 2,5YR 5/8	
10-2 {	Argile (t _f)	34	42	35	32	38
	Limon fin	11	11	10	8	11
	Limon grossier	1	4	4	3	3
	Sable fin	9	3	10	14	11
	Sable grossier	45	35	38	42	37
	Matière organique	0,5	0,5	0,4	1	1
pH	5,3	5,2	5,3	5,4	5,4	
Fe ₂ O ₃ %	4	4	4	4	4	

Commentaire :

C'est dans cet horizon B₂ que les teneurs en argile sont les plus fortes ; elles se situent entre 32² et 42 % ; on ne note pas de variation latérale dans la séquence. Les sables grossiers prédominent encore (35 à 45 %). Le pH reste acide (inférieur à 6), toutefois supérieur d'une unité environ à celui des horizons humifères. Les taux de matière organique ne dépassent pas 1 % dans cet horizon. Comme pour les autres séquences, on observe une teneur relativement forte en fer qui est à relier avec les taux en argile ; cette teneur est de l'ordre de 4 % dans tout le versant.

325.4. L'horizon B₃ oxique rouge

Le tableau n°59 résume certaines caractéristiques analytiques de cet horizon le long de la toposéquence.

Tableau n°59 - TOPOSEQUENCE IV. HORIZON B₃ OXIQUE ROUGE. Données analytiques

Profil n°	BGF ₁	BGF ₁₁	BGF ₁₂	BGF ₁₃	BGF ₁₄	
Profondeur cm.	120-140	120-130	100-110	80-90	100-110	
Couleur	2,5YR4/8	2,5YR4/8	2,5YR4/8	2,5YR4/8	2,5YR4/8	
10-2 {	Argile (bf)	24	32	30	32	28
	Limon fin	21	19	12	9	23
	Limon grossier	1	4	3	2	5
	sable fin	12	6	12	13	8
	sable grossier	42	40	43	42	37
pH	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	
Fe ₂ O ₃ %	5	4	4	5	6	

Commentaire :

Les données analytiques font ressortir la diminution des taux en argile (30 % en moyenne) par rapport à l'horizon sus-jacent et une augmentation sensible des taux en limons fins (20 % en moyenne) sans que l'on puisse noter de variation latérale régulière dans la toposéquence. C'est également dans cet horizon que les teneurs en fer sont les plus élevées (5 à 6 %).

325.5. Les horizons d'altération B₃C et C

Le tableau n°60 résume quelques caractéristiques physico-chimiques de ces horizons dans les sols de la toposéquence IV (voir tableau n°60 page suivante).

Commentaire :

L'augmentation nette de la teneur en limons fins (20 %) demeure le caractère le plus remarqué dans ces horizons où la teneur en sables grossiers est toutefois prédominante (40 %). Par rapport aux séquences II et III, la toposéquence IV nous montre la présence de ces horizons dès une très faible profondeur (à 1 m environ en BGF 13). Les teneurs en fer ont tendance à diminuer par rapport aux horizons sus-jacents.

Tableau n° 60 - TOPOSEQUENCE IV. Horizons B₃C/c. Données analytiques

Profil n°	BGF ₁	BGF ₁₁	BGF ₁₂	BGF ₁₃	BGF ₁₄	
Profondeur cm	300-310	280-290	280-290	180-190	280-300	
Couleur	2,5YR 4/8 à 10R 4/6	10R 4/6	10R 4/6	10R 4/6	10R 4/6	
10-2 {	Argile (t.f.)	16	18	15	19	27
	Limon fin	22	20	20	14	26
	Limon grossier	1	6	4	2	6
	Sable fin	20	17	18	12	13
	Sable grossier	42	40	44	51	31
pH	5,2	5,4	5,4	5,4	4,9	
Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	4	3	3	5	6	

32.6. Conclusion sur l'organisation latérale des horizons pédologiques et des relations entre les sols de la toposéquence IV

Mise en valeur des traits révélateurs du fonctionnement hydrodynamique :

Par rapport aux toposéquences précédemment étudiées, la toposéquence IV qui se développe sur un versant très abrupt, offre toutefois la même succession d'horizons. Un des intérêts majeurs de la présentation de cette dernière réside dans l'abondance des filons de pegmatites qui traversent les différents horizons provoquant des perturbations locales, et dont on a pu suivre l'évolution à mesure qu'ils approchaient de la surface en passant graduellement des blocs aux gravillons jusqu'aux concrétions ferrugineuses ; ces dernières gardent dans leur noyau un faciès pegmatitique qui témoigne bien de l'autochtonie de ces dernières.

Les sols de la toposéquence IV, plus encore que ceux des séquences II et III, se caractérisent par une très faible épaisseur des horizons meubles supérieurs et la présence du matériau d'altération à faible profondeur.

La déviation du système racinaire de la végétation forestière qui n'explore à peine que les 50 premiers centimètres du sol rend compte de la très forte compacité de ces sols, dès l'horizon B oxisque jaune, et des *très mauvaises conditions d'aération, de porosité et de perméabilité* de ces sols. Les traces d'une érosion d'abord en nappe (sommet) puis en griffe, en rigole puis en ravine sont perçues au fur et à mesure que l'on descend le versant. L'érosion pernicieuse, par appauvrissement en fines des horizons humifères de surface tend à ne laisser sur place que la fraction résiduelle la plus grossière du squelette. Cette érosion travaille sur des matériaux

préparés par l'altération et la pédogénèse des horizons inférieurs. Au niveau des horizons oxiqes (jaune et rouge) l'accentuation des soustractions provoque la destruction de l'isovolume des altérites ; les soustractions d'éléments provoquent un tassement, un colmatage interne au niveau supérieur duquel des migrations latérales, par ruissellement hypodermique, prennent ici une très grande importance. Ce phénomène conduit à une sorte d'érosion interne, qui à plus ou moins long terme, joue un rôle qui est loin d'être négligeable dans l'évolution du modelé.

4 - LE SOL DU BAS-FOND (BGF 19)

Il est caractérisé par le profil BGF 19 de la toposéquence III.

4.1. DESCRIPTION DES HORIZONS

- A₀ -1/0 cm.
Litière de feuilles mortes et de débris végétaux. Radicelles.
- A₁₁-A₁₂ 0-24 cm.
Brun-grisâtre très foncé (10YR3/2) ; humifère ; sablo-argileux à sable grossier ; matière organique directement décelable ; grumeleux ; activité biologique forte ; meuble ; poreux ; perméable ; frais à peu humide. Quartz fréquents (1 mm) ; racines fines et moyennes abondantes.
Transition diffuse.
- B_{3g} 24-75 cm.
Brun-jaunâtre clair (10YR6/4) ; sablo-argileux à sable grossier ; structure particulière en assemblage massif ; pseudo-gley ; taches et marbrures jaunâtres et jaune-rougeâtres (5YR6/6) ; quartz fréquents, hétérométriques ; lithoreliques ; grosses racines.
- Nappe phréatique à 75 cm (janvier, petite saison des pluies)
- CG 75- ? cm.
Gris-blanchâtre à taches brun-jaunâtres (10YR6/4) ; sableux très faiblement argileux ; structure particulière en assemblage massif ; compact ; ferme, imperméable ; quartz hétérométriques très abondants ; cailloux et fragments de roche altérée ; matériau au toucher sériciteux, talqueux (kaolinite).

Conclusion :

On distingue de bas en haut :

- un horizon d'altération du soubassement cristallin d'épaisseur non connue gleyifié ;
- la nappe phréatique vers 75 cm ;
- un horizon relativement plus riche en argile, mais dont la fraction granulométrique dominante est représentée par le sable grossier ; présence de lithoreliques (morceaux de granito-gneiss altérés) ;
- un horizon humifère noté A₁₁-A₁₂ (24 cm d'épaisseur).

4.2. CARACTERISATION PAR DES MESURES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

(tableau n°34 en annexe)

Le sol du bas-fond se différencie des sols du versant par deux traits physico-chimiques principaux :

+ *L'abondance du squelette grossier* (70 à 80 %), constitué essentiellement de quartz dont certains conservent la trace d'une coloration ferrugineuse (fissures). Le squelette est dispersé d'une façon irrégulière par pédoturbation. Le matériau est kaolinitique, gleyifié par une nappe phréatique rencontrée à 75 cm de profondeur au cours de la petite saison des pluies.

+ *La diminution des teneurs en fer*. Le matériau est globalement *déferuginisé* ; le fer total est de l'ordre de 0,5 % dans l'ensemble du profil.

La déferrugineisation presque complète du fond matriciel grisâtre, kaolinitique, semble favorable à la kaolinisation des muscovites présentes. Les transformations géochimiques semblent *soustractives* en ce qui concerne le fer, au niveau du fond matriciel kaolinitique ; elles s'opposent à ce niveau de la séquence aux transformations géochimiques *additives* qui ont lieu dans les niveaux tachetés à lithoreliques plus ou moins conservées et dont nous avons vu la ferrugineisation dans le milieu amont des toposéquences. Les teneurs en fer présentent un maximum de 4 à 5 % dans la partie amont de la séquence III (BGF 15) ; cette valeur décroît vers l'aval (3 % en BGF 18) jusqu'à 0,3 % en BGF 19. La déferrification du matériau serait à relier à l'influence de la nappe phréatique dont le battement joue un rôle prépondérant dans la mobilisation et l'exportation du fer hors du profil, voire du paysage pédologique.

CHAPITRE V

LE BASSIN VERSANT DE GREGOIRE (SOLS ET BILAN HYDROLOGIQUE)

1 - LES TYPES DE PROFILS (sommiteux et bas de versants)

La classification adoptée lors de la cartographie au 1/30.000 du bassin versant de Grégoire (BLANCANEUX, 1971), figure n° 13 est la classification française modifiée de G. AUBERT et P. SEGALEN, 1966. Deux classes de sols ont été reconnues : celle des sols ferrallitiques fortement désaturés en B et celle des sols hydromorphes.

Les sols hydromorphes se trouvent localisés aux thalwegs relativement encaissés et étroits entre les collines sur lesquelles se développent les sols ferrallitiques. Tous les sols ferrallitiques inventoriés peuvent être rattachés à la sous-classe des sols ferrallitiques fortement désaturés en B, à l'intérieur de laquelle trois groupes de sols ont été distingués, principalement en fonction de leurs caractéristiques morpho-structurales et granulométriques. C'est ainsi que sur les sommets, les replats sommitaux et sur les versants ont pu être différenciés des sols ferrallitiques typiques, des sols ferrallitiques lessivés et des sols ferrallitiques remaniés. Cette distinction s'appuie d'une part sur l'existence ou non, à moyenne profondeur d'un horizon gravillonnaire (quartz ferruginisés, concrétions, nodules, etc.) et, d'autre part, sur les indices d'entraînement de la fraction argileuse (indices de lessivage, examen des variations de la teneur en argile en fonction de la profondeur) ; l'examen micromorphologique et les variations souvent très nettes de la structure des horizons ont été également les critères fondamentaux de cette distinction.

Les valeurs de l'indice de lessivage en argile sont moyennes (1/1,3 à 1/2,2). On ne devrait cependant pas attribuer une trop grande importance à la valeur de ces indices ; en effet, la notion de *lessivage* est fort ambiguë. LENEUF, 1966, faisait déjà remarquer qu'il fallait être très prudent quand on établit l'existence et l'intensité du lessivage par les variations du pourcentage en argile. En pédologie, on dit couramment que plus l'accumulation est accentuée, plus le lessivage est intense. Les processus par lesquels la matière est exportée des profils et ne se retrouve pas dans ces derniers sont regroupés sous le terme d'*appauvrissement*. L'étude en toposéquences rend compte que les deux processus jouent simultanément, l'appauvrissement étant le phénomène prépondérant. LELONG, 1969, pour lever cette ambiguïté, n'emploie le terme de lessivage que dans le sens d'une action dissolvante de l'eau ou d'une solution et le "*résultat de l'opération par laquelle la matière dissoute est entraînée loin de son lieu d'origine*". Le même auteur parle de redistribution de la matière dans les profils quand les produits vont s'accumuler sur place. Ainsi, pour LELONG, un lessivage

extrême va souvent de pair avec l'absence d'accumulation. Les sols ferrallitiques observés sur les sommets et versants de Grégoire présentent tous les caractères d'une redistribution des éléments ; suivant les conditions du modelé, du drainage et du régime hydrique de ces sols, on décèlera à l'observation l'expression morphologique de la prépondérance de l'un de ces deux facteurs d'évolution que sont le lessivage et l'appauvrissement.

1.1. LES SOLS SOMMITAUX ET DE HAUTS DE VERSANTS

11.1. Les Sols ferrallitiques typiques jaunes

Ils ont été observés aussi bien dans les parties sommitales que sur les versants des collines.

Les horizons d'altération BC/C de couleur rouge-jaunâtre (7,5YR7/8) sont souvent observés dès 60 cm de profondeur, avec plus de 10 % de limons, frais au toucher. Sus-jacent à cet horizon, on observe un horizon B d'une cinquantaine de centimètres d'épaisseur de couleur jaune-rougeâtre (7,5YR6/6), relativement plus argileux (30 % d'argile environ), assez massif, peu humide. Les horizons supérieurs humifères sont toujours sablo-argileux, riches en sables grossiers (50-60 %). Ces sols sont très souvent marqués par des indices d'érosion ; une tendance à l'hydromorphie se manifeste parfois au sein de ces profils ; ces sols typiques à tendance hydromorphe sont alors caractérisés par des horizons d'altération BgC vers 100 cm de profondeur, rouge tacheté et limoneux, peu humide et sans racines, surmontés par des horizons B jaunâtres, humides, imperméables avec des taches de réduction et d'oxydation et des nodules, et peu de racines.

En conclusion, les sols TYPIQUES jaunes ont été définis par l'absence d'horizon gravillonnaire continue et par la présence de trois horizons majeurs A, B et C dont les caractéristiques sont les suivantes :

- *L'horizon A*, d'épaisseur assez régulière (15 cm), brun-grisâtre, est moyennement humifère. Il est invariablement sablo-argileux à sable grossier (70 % de sables -fins+grossiers-, 15 % d'argile). La structure est grumeleuse, les racines y sont nombreuses ; cet horizon est poreux et perméable.

- *L'horizon B* de 60 cm d'épaisseur en moyenne est sablo-argileux, avec une augmentation verticale progressive de la teneur en argile (25 % en moyenne) sans que l'on ne note de ventre d'accumulation dans le profil. La structure est en assemblage massif, à débits polyédriques subanguleux. On y note des racines sub-horizontales ; la perméabilité est réduite ; le matériau est compact.

- *Les horizons BC/C* qui apparaissent vers 80 cm de profondeur en moyenne sont caractérisés par la présence de fragments de roche altérée, leur compacité et la réduction de la perméabilité.

Ces sols typiques sont toujours associés soit aux sols ferrallitiques lessivés, soit aux sols remaniés pénévulés.

11.2. Les sols ferrallitiques lessivés

Ils sont très fréquemment localisés aux replats sommitaux des

collines et régulièrement associés à la présence de chablis, cuvettes (Djougoung-Pété). Le profil BGF₁ correspond à ce type de sol dont les caractéristiques générales sur l'ensemble du bassin versant peuvent se résumer à :

- Un horizon A humifère de 15 cm d'épaisseur en moyenne, brun, sablo-argileux, à structure grumeleuse, poreux ; les racines y sont nombreuses. La perméabilité y est correcte.

- Un horizon Bt d'épaisseur moyenne de l'ordre de 80 cm, argilo-sableux (40 % d'argile en moyenne), humide, à lithoreliques fréquentes ; le matériau est massif, compact, très peu perméable à l'humidité ; un horizon gravillonnaire se développe généralement à la partie supérieure de cet horizon.

- Un horizon BC compact, débutant vers 100 cm de profondeur, avec une nette augmentation de la teneur en limons (15-20 %) et qui est riche en lithoreliques et en paillettes de muscovite.

De nombreux profils observés sur les sommets au cours des saisons pluvieuses (janvier, juin) rendent compte de la présence de nappes perchées, temporaires, dont l'écoulement latéral s'effectue à la limite supérieure de l'horizon B (voir profil BGF 13 de la toposéquence IV).

Il en résulte :

- Une porosité et une perméabilité relativement bonne dans les 20 premiers centimètres du profil.

- Une compacité et une imperméabilité quasi-totale de l'horizon Bt et des horizons BC/C confirmé par :

+ un enracinement subhorizontal des arbres ; les racines n'explorent en général que les 40 premiers centimètres du sol ;

+ la présence de taches jaunâtres d'oxydation, liées ou non aux racines dans l'horizon B ;

+ les mesures de perméabilité (méthode MUNTZ modifiée sans anneau de garde) sur le terrain ; la perméabilité est nulle avec cette méthode ;

+ l'existence d'un écoulement oblique de l'eau à la limite supérieure de cet horizon B (BGF 13) ;

+ la présence d'eau stagnante dans les cuvettes du sommet (existence de micronappes perchées).

11.3. Les sols ferrallitiques remaniés modaux et pénévoulés

Ils sont plus particulièrement représentés dans les parties ouest et sud-ouest du bassin versant où la topographie est plus accidentée et où les indices d'érosion sont plus importants. Trois horizons distincts sont reconnus :

- Un horizon humifère sablo-argileux (15 cm d'épaisseur en moyenne).

- Un horizon B jaune-rougeâtre, sablo-argileux (20 à 30 % d'argile

contre 40 à 50 % de sable grossier) ; les taux en limons (2-50 microns) sont de l'ordre de 10 % ce qui témoigne du rajeunissement de ces profils par l'érosion ; cet horizon est toujours très riche en concrétions ferrugineuses hétérométriques, patinées, dures et en gravillons de quartz et de lithoreliques ferruginisées.

- Un horizon C sous-jacent, rouge à rouge-jaunâtre, sablo-limono-argileux à structure massive, compact ; peu perméable (l'eau stagne à ce niveau -1 m- dans les fosses pédologiques).

En conclusion, les caractères prédominants dans ces sols sont la présence à faible profondeur (40 cm) d'abondants gravillons ferrugineux et leur minceur relative (apparition vers 50 cm de profondeur de fragments de roche altérée et augmentation du taux en limons, témoignant de la proximité du matériau cristallin).

1.2. LES SOLS HYDROMORPHES DE BAS DE VERSANTS ET DE BAS-FONDS

Ces sols à mauvais drainage externe (pentes faibles, microrelief) sont périodiquement inondés au moment des crues, mais cette inondation disparaît dès l'amorce de la décrue de la crique. Un drainage vertical se produit dans ces sols jusqu'à la nappe qui est profonde (60 cm en janvier pour BGF₁₉, 75 cm en juin pour BGF₃₀). Les profils BGF₁₉ et BGF₃₀ sont représentatifs de cette unité de sols. Le profil BGF₃₀, localisé en bordure de la crique Grégoire au niveau de la station hydrologique S₁ présente les caractéristiques suivantes :

12.1. Description des horizons

- Ao -1/0 cm.
Litière discontinue ; débris végétaux ; traces d'érosion (rigoles) laissées par la crue des jours précédents.
- A₁ 0/20 cm.
Horizon humifère brun-grisâtre (10YR6/1) ; sablo-argileux à sable fin ; structure grumeleuse ; matière organique directement décelable ; frais à peu humide.
Transition distincte.
- B_g 20/60 cm.
Brun très pâle (10YR7/4), traînées et taches ôcres-jaunâtres d'hydromorphie ; pseudo-gley et gaines d'oxydation racinaires. Sablo-argilo-limoneux à sableux ; massif ; quelques pores ; humide.
- Nappe phréatique : 60 cm (juin, grande saison des pluies).
- CG 60/110 cm.
Brun très pâle (10YR8/4) ; sableux à sable grossier ; particulière ; boulant ; sans cohésion.

12.2. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques

(voir tableau n°61 page suivante).

Tableau n° 61 - caractéristiques analytiques du profil BG 30

Profondeur cm	0-10	30-50	80-100
Couleur (humide)	10YR 4/2	10YR 7/4	10YR 8/4
10-2 {	Argile (t.f.)	21,0	11,5
	limon fin	6,0	4,5
	limon grossier	6,0	3,5
	Sable fin	32,5	39,0
	Sable grossier	27,5	39,0
	Matière organique	6,2	2,3
	Fe ₂ O ₃	1,1	1,3
	pH (H ₂ O, 1/2,5)	4,5	5,3
			5,6

Commentaire :

Le caractère dominant de ces sols hydromorphes de bas-fond est leur texture sableuse avec près de 80 % de sables (fin+grossier) dès 30 cm de profondeur. A noter également leur teneur relativement faible en fer, de l'ordre de 1 % dans l'horizon le plus riche.

1.3. CONCLUSION

La cartographie pédologique du bassin versant de Grégoire indique que les profils *de sommet ou de haut de versant* sont minces (début des horizons BC ou BC/C vers 50 et 100 cm de profondeur) et qu'ils présentent un accroissement notable de la teneur en argile à moyenne profondeur (40 cm). Leur horizon B est compact, imperméable, souvent engorgé. *Le drainage vertical y est déficient*, avec même l'apparition de nappes perchées à la limite supérieure de l'horizon B et dans l'horizon gravillonnaire sus-jacent à forte macroporosité.

Les sols de bas de versant (colluvions) ou de bas-fonds (alluvions+colluvions) ont une texture sableuse, variable suivant l'hétérogénéité des matériaux, mais ceux-ci sont relativement filtrants. Un drainage vertical se produit dans ces sols jusqu'au toit de la nappe phréatique généralement observée vers 70 cm de profondeur lors des saisons pluvieuses.

2 - LE BILAN HYDROLOGIQUE (d'après résultats de la section hydrologique de L'ORSTOM)

La description du dispositif et des méthodes d'études utilisées sur le bassin versant de la crique Grégoire ont été présentées dans la première partie de l'étude dans le paragraphe consacré aux méthodes et techniques d'études.

Les résultats que nous présentons ici sont tirés du rapport de M. HOEPFFNER, 1974, et concernent les observations et mesures réalisées sur les différents bassins au cours des années 1969 à 1972.

2.1. LES OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES SUR LES BASSINS DE LA CRIQUE GREGOIRE

21.1. Pluviométrie annuelle

Les pluviométries annuelle en mm des années 1969 à 1972 peuvent être résumées dans le tableau suivant :

Année	1969	1970	1971	1972
BV 1	3020	3921	4057	3697
BV 2	2954	3895	4115	3736
BV 3	2881	3917	4027	3712

On remarque que les pluviométries sont sensiblement les mêmes pour une année d'un bassin à l'autre ; à l'exception de l'année 1969 pour laquelle la densité de postes n'était pas encore suffisante, les variations relatives sont de l'ordre du pourcent.

Les résultats obtenus en 1974 et 1975 sont respectivement de 3271 et 3281 mm ; ces valeurs sont inférieures à la pluviosité moyenne 1968-1975 qui est égale à 3671 mm.

En comparant ces dernières valeurs tant à celles des années 1969 à 1972 qu'à la moyenne 1968-1975, on constate que l'année 1974 est relativement sèche tandis que 1975 reste encore une année de pluviosité déficitaire.

21.2. Pluviométrie mensuelle

Durant les 4 années d'observations :

- le mois le plus arrosé peut être aussi bien février (1970) que mars (1971), avril (1970 pour BV 3), mai (1969 et 1972) ;
- le petit été de mars n'a été sensible qu'en 1972 ;
- le mois le moins arrosé semble être octobre et quelquefois septembre (1971) ou novembre (1970).

Mais il tombe 60 mm durant le mois sec. On peut donc supposer qu'il sera difficile de caractériser le tarissement de la crique Grégoire.

A titre de comparaison, en 1974 les mois les plus pluvieux ont été ceux de décembre et janvier qui ont eu une pluviométrie nettement excédentaire par rapport aux valeurs moyennes 1968-1975 qui confirment que les mois les plus pluvieux sont ceux de mai et juin. Les mois les moins

pluvieux restant en 1974 ceux d'août, de septembre, d'octobre et de novembre.

En 1975, les mois les plus pluvieux ont bien été ceux de juin et de mai.

21.3. Pluviométrie journalière

Les hydrologues ont utilisé les pluies journalières recueillies au pluviographe de la station météorologique du BV 3 pour lequel ils avaient la plus longue période d'observation. Pour les années 1968 à 1972 et sur un échantillon de 1827 relevés :

Hauteur de pluie P en mm	Nombre d'observations par classes
P > 0	733
10	567
20	320
30	185
40	112
50	63
60	47
70	26
80	14
90	12
100	8
110	4
120	1

Les 8 pluies journalières supérieures à 100 mm ont eu lieu :

le 5-2-69 (P = 105,5 mm), le 21-3-69 (P = 111,5 mm), le 18-2-71 (P = 120,5 mm), le 15-3-71 (P = 112,5 mm), le 29-3-71 (P = 102,0 mm), le 7-5-71 (P = 105,5 mm), le 15-4-72 (P = 115,0 mm) et le 20-4-72 (P = 101,5 mm).

Certaines de ces pluies et les crues correspondantes seront étudiées plus en détail par la suite.

Par ailleurs, ces pluies ne sont pas particulièrement fortes si on les compare aux pluies journalières annuelles et décennales des stations guyanaises pour plus de dix années d'observations météorologiques par les hydrologues.

En ce qui concerne la période 1974-1975, en se reportant aux au tableau n° 43 des répartitions mensuelles des classes de hauteur des pluies, on constate qu'une seule fois la pluviométrie journalière supéra 100 mm ; cette pluie eut lieu le 27-1-1974 et atteint 125 mm.

21.4. Intensité des précipitations

Le pluviographe journalier de la station météorologique ayant la période d'observation la plus longue (5 années complètes, de 1968 à 1972),

HOEPFFNER a analysé les relations intensités-durées-fréquences des averses enregistrées à ce poste.

Les averses ont été découpées en intervalles de temps de 5 minutes et, comme critère de séparation, il a été utilisé un temps de 60 minutes pendant lequel l'intensité est inférieure à 5 mm/heure.

Le traitement mécanographique de ces données premières de pluies en cinq minutes donne, pour les 2.163 averses sélectionnées, les intensités correspondant à des durées de 5 mn, 10 mn, 15 mn, 30 mn, 45 mn, 60 mn, 90 mn, 120 mn et 180 mn.

Pour une durée donnée, les intensités obtenues ont été classées en tranches de 12 mm/h.

Avec 11.822 heures de pluies analysées (42.936 heures d'enregistrement et 31.114 heures sans pluie), on obtient :

I mm/h	5 mn	10 mn	15 mn	30 mn	45 mn	60 mn	90 mn	120 mn	180 mn
I > 144	0								
132	2	0							
120	7	2	0						
108	13	3	1						
96	25	5	2						
84	40	12	6	0					
72	63	12	11	1	0				
60	126	40	23	8	4	0			
48	-	73	48	22	6	4	0		
36	-	-	-	48	18	15	4	0	
24	-	-	-	84	66	63	19	10	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

On peut tirer de ce tableau les valeurs, pour une durée donnée, des intensités annuelles et décennales (ces dernières valeurs étant estimées) :

Fréquence	5 mn	10 mn	15 mn	30 mn	45 mn	60 mn	90 mn	120 mn	180 mn
annuelle	126	108	92	66	54	48	42	36	32
décennale	180	156	136	96	76	72	60	56	48

2.2. LES OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES

22.1. Conditions limites d'écoulement

La hauteur moyenne d'uneaverse a été portée graphiquement en fonction de l'intervalle de temps la séparant de la pluie précédente. Les points ainsi obtenus sont caractérisés par la forme de la crue résultante en distinguant :

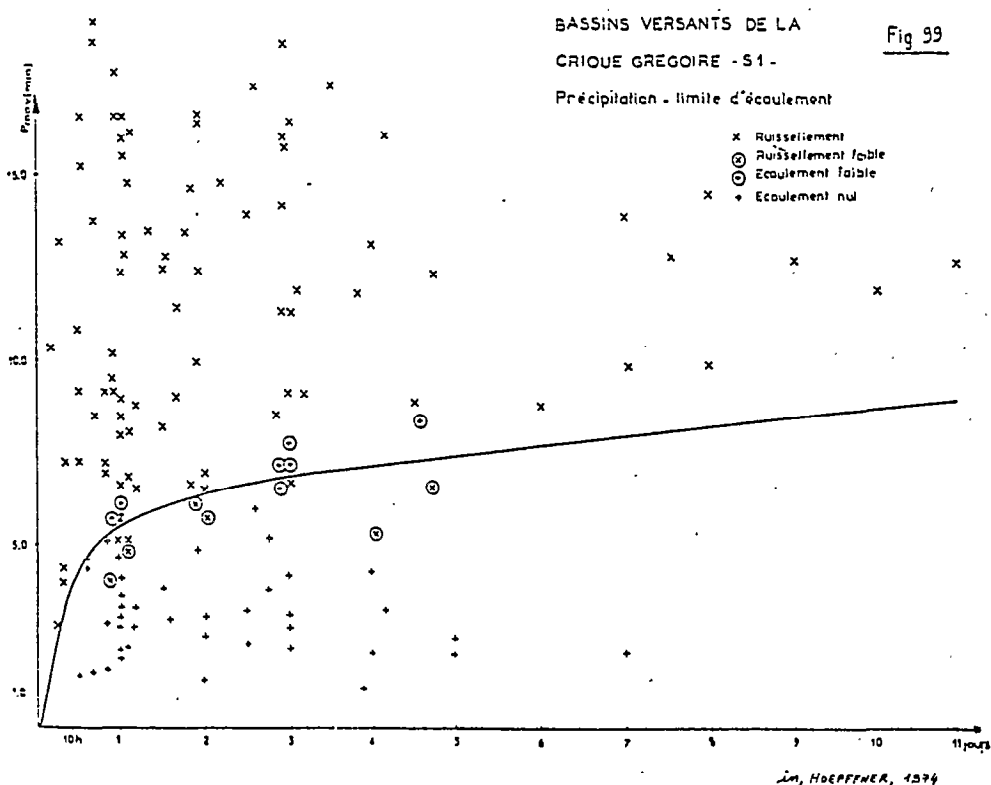
- un ruissellement fort, correspondant à de fortes intensités de pluie ;
- un ruissellement faible (faibles intensités) ;
- un écoulement faible (simple gonflement de la hauteur d'eau) ;
- un écoulement nul (pas de variation du niveau du plan d'eau).

Il a été ainsi possible de définir deux zones en traçant une courbe limite (figure n°99) :

- + au-dessus de cette courbe, il y aura ruissellement ;
- + au-dessous, la non-saturation du terrain ne permettra pas d'écoulement pour les hauteurs de pluie suivantes :

Pm	inférieur	à	3,0 mm	après 10 h	sans pluie
Pm	"	"	5,0 mm	après 24 h	sans pluie
Pm	"	"	6,5 mm	après 48 h	sans pluie
Pm	"	"	7,5 mm	après 5 jours	sans pluie.

Cette délimitation peut sembler arbitraire. En effet, les pluies non homogènes qui ont pu donner lieu à un ruissellement n'ont pas été comptabilisées. Mais cette courbe permet de se rendre compte de la faible perméabilité des sols en place.



22.2. Observations de quelques événements averse-crue

Ces événements sont représentés graphiquement :

- pour la répartition spatiale de l'averse sur les bassins versants par le tracé des isohyètes correspondantes ;
- pour sa répartition dans le temps, par le hyétogramme résultant.

Le découpage des pluies suivant un pas de temps de 2 heures rend compte de la structure des averses. En effet, la voûte forestière amortit passablement les fortes intensités et le temps de réponse du Bassin n°1 est bien supérieur à 2 heures.

Chaque hyétogramme associé à une crue de la station n°1 est obtenu par composition des hyétogrammes des 9 pluviographes : superposition et moyenne arithmétique après pondération par les coefficients de THIESSEN.

Pour les crues du Bassin n°3, les deux pluviographes étant à rotation journalière, les hydrologues ont pu caractériser un hyétogramme résultant dont le pas de temps est de 5 minutes.

- *Trois types d'écoulement* ont pu être séparés sur l'hydrogramme de crue :

- + l'écoulement de base, provenant de la décharge en eau des sols ;
- + le ruissellement pur ;
- + l'écoulement hypodermique, ou retardé.

HOEPFFNER, 1974 a considéré qu'il était important de bien distinguer l'écoulement hypodermique du ruissellement pur, ceci pour les raisons suivantes :

a) L'étude des sols que nous avons réalisée (au 1/30.000) avait mis en évidence l'existence presque généralisée à l'ensemble du bassin versant, d'horizons peu perméables à faible profondeur ; lors des fortes averses, un écoulement relativement important le long de galeries racinaires est observé dans les fosses pédologiques. HOEPFFNER retrouve cet écoulement à l'exutoire *avec un certain retard par rapport à l'écoulement des eaux superficielles*.

b) D'autre part, le relief des bassins est relativement chahuté, sans pour autant que la pente globale soit forte. En effet, les pentes des collines sont abruptes et peuvent aussi expliquer partiellement l'existence de cet écoulement retardé par le cheminement des eaux dans les 20 premiers centimètres du sol, que l'on retrouverait à l'air libre du pied de versant.

c) Enfin, la séparation de cet écoulement sur l'hydrogramme de crue observé à l'exutoire *a été relativement nette et sans ambiguïté*, à l'exception des crues de faible amplitude, due à des averses de faible intensité, et que l'on peut considérer comme de *l'écoulement hypodermique pur*.

En effet, la double cassure de la décrue en coordonnées semi-logarithmiques a été bien nette pour la plupart des hydrogrammes étudiés.

Et le rapport du volume V_h de l'écoulement hypodermique au volume V_r du ruissellement pur pour une même crue est constant :

$$\frac{V_h}{V_r} = \frac{1}{4} \text{ à } \frac{1}{5} \quad (\text{voir figure n°100})$$

En effet : $H_r = \frac{V_r}{S}$ (H_r = lame ruisselée ; S = superficie du bassin)

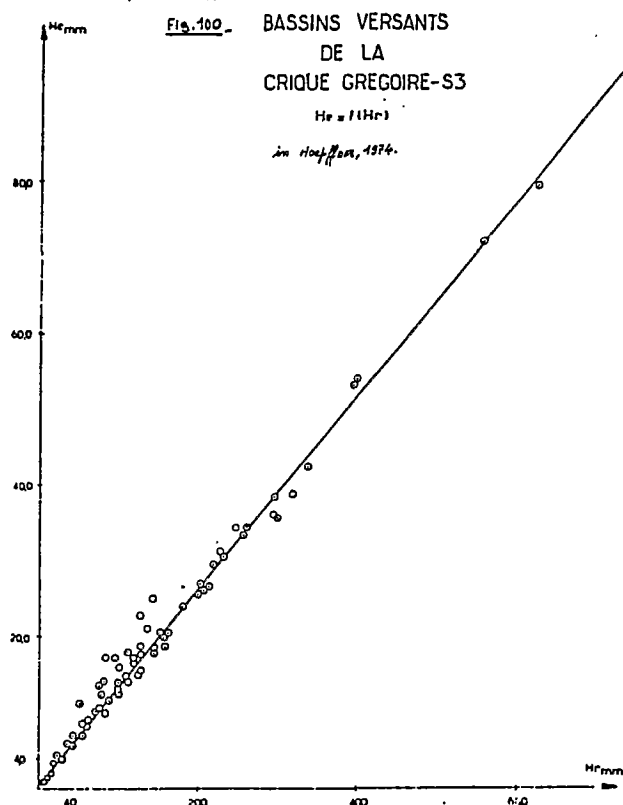
$$H_e = \frac{V_e}{S} \quad (H_e = \text{lame écoulee})$$

et

$$V_e = V_r + V_h \quad (V_e = \text{volume total écoulé})$$

d'où :

$$\frac{V_h}{V_r} = \frac{H_e - H_r}{H_r}$$



Analyse détaillée de quelques événements averse-crue

Sur les 765 crues analysées par les hydrologues sur les différents bassins de la crique Grégoire, nous présentons ici quelques exemples d'événements qui présentent un intérêt particulier.

Averses des 29/2 et 1/3/1968 (figure n°101)

Les hydrogrammes analysés pour ces averses sont ceux de la station 2, la station 1 n'étant équipée d'un limnigraphe qu'à la date du 1/5/1968.

a) L'averse du 29 février est bien répartie sur les bassins 1 et 2 :

$$P_{\max} = 89,0 \text{ mm à PG}_3 \text{ et } P_{\min} = 71,0 \text{ mm à PG}_{16}.$$

Une pluie préliminaire a eu lieu de 6 h à 8 h le matin et provoqué

un léger gonflement du niveau des eaux. Une pluie continue de faible intensité de 8 h à 14 h a maintenu *une saturation moyenne du sol*. Et de 16 h à 20 h, des intensités de pluie relativement fortes de 16 et 8 mm/h en 2 h nous donnent un hydrogramme de crue dont le débit de pointe est de $14,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à 23 h.

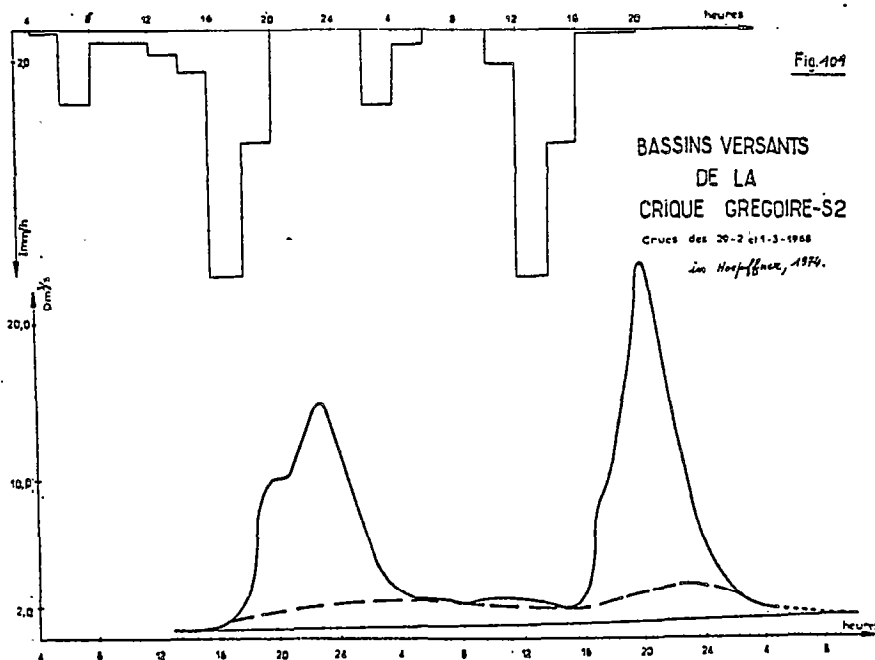
b) A la suite d'une pluie de 12,0 mm de faible intensité entre 2 et 6 h, l'averse 10 h-16 h a un hyétogramme semblable à celui de la pluie ayant donné lieu à l'hydrogramme du 29/2/1968, mais n'est pas bien homogène :

$$P_{\max} = 82,5 \text{ mm à } PG_2 \text{ et } P_{\min} = 46,5 \text{ mm à } PG_{16}.$$

L'hydrogramme de crue résultant à un temps de montée et un temps de base relativement courts :

$$t_m = 5 \text{ h et } t_b = 11 \text{ h } 00.$$

Et son débit maximum est $Q_M = 23,8 \text{ m}^3/\text{s}$ à 20h 00. La montée des eaux du Sinnamary noie le seuil de la station 2 dès 5h 00, mais le ruissellement pur est déjà écoulé à cette heure.



Averses des 4 et 5/2/1969 (figure n°102)

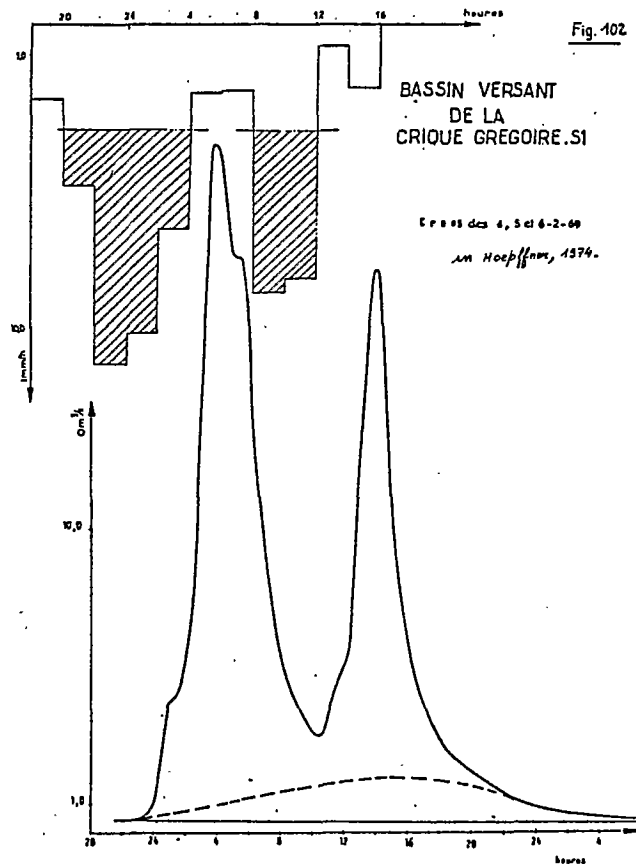
Les fortes intensités enregistrées sur le bassin n°1 entre 18 h le 4/2 et 16 h le 5/2 ont engendré une crue complexe dont les deux pointes ($22,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à 4 h et $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$ à 13 h) correspondent bien aux deux maxima d'intensité (12 mm/h entre 22 et 24 h et 8,9 mm/h entre 8 h et 10 h) que le hyétogramme résultant fait apparaître.

A S_2 , seul le premier maximum de débit a été relevé ($20,7 \text{ m}^3/\text{s}$ à 5h 30), car l'écoulement à cette station n'est plus univoque dès 11 h. La répartition spatiale de la pluie est bien homogène : deux maxima à PG_5 (133,0 mm) et à PG_6 (134,8 mm) et un minimum à PG_{16} (105,5 mm) donnent une

pluie moyenne sur les deux bassins de :

$$P_{\text{moy.1}} = 122,8 \quad \text{et de} \quad P_{\text{moy.2}} = 116,4 \text{ mm.}$$

La saturation du sol est bonne. $I_s = 43$.



Averses des 14 et 15/3/1971 (figures n°103 à 105)

La pluie moyenne tombée durant 26 heures (entre 22 h le 14/3 et 24 h le 15/3) est de 150 mm sur le bassin n°1. Un maximum de 169,0 mm est enregistré à PG₅, et un minimum de 135,0 mm à PG₄.

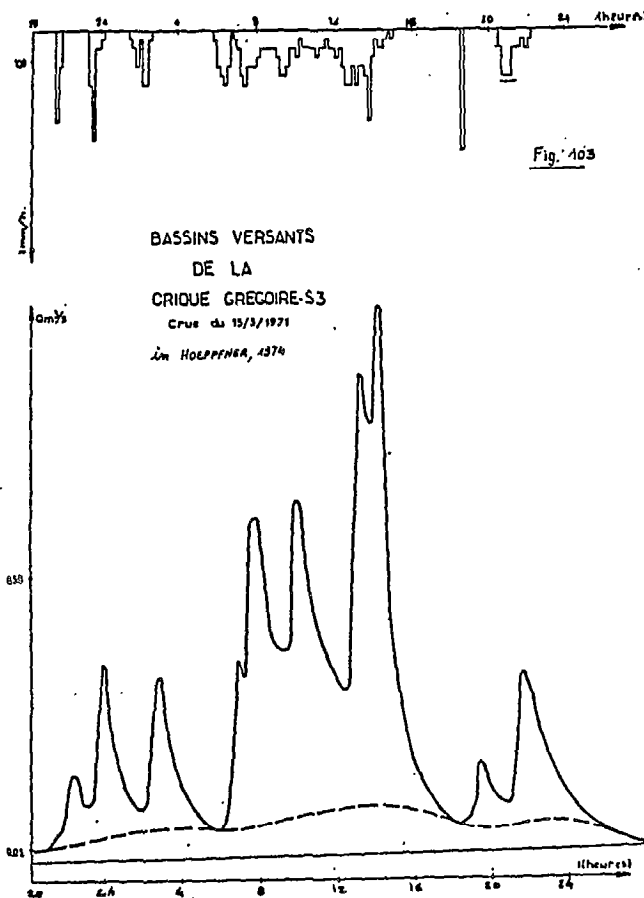
Cette averse donne lieu à une crue particulièrement complexe, aussi bien sur le bassin n°1 que sur le bassin n°3 (le seuil de la station n°2 est toujours noyé par les eaux du Sinnamary).

Au vu du hyétogramme résultant il est possible de distinguer trois périodes :

a) Une première période, de 18 h à 20 h, pendant laquelle les intensités sont fortes (30 et 18 mm/h en 10 mn sur le bassin n°3, mais de faible durée. $I_s = 37$.

- L'hydrogramme de la station n°3 reflète fidèlement ces pointes d'intensité. On a ainsi trois pointes de crue de 0,17 m³/s à 22h 30, 0,35 m³/s à 24 h et 0,32 m³/s à 3h 00.
- L'hydrogramme de la station n°1 ne fait apparaître qu'une seule

pointe à 5h 00 : $Q_{M1} = 4,2 \text{ m}^3/\text{s}$.



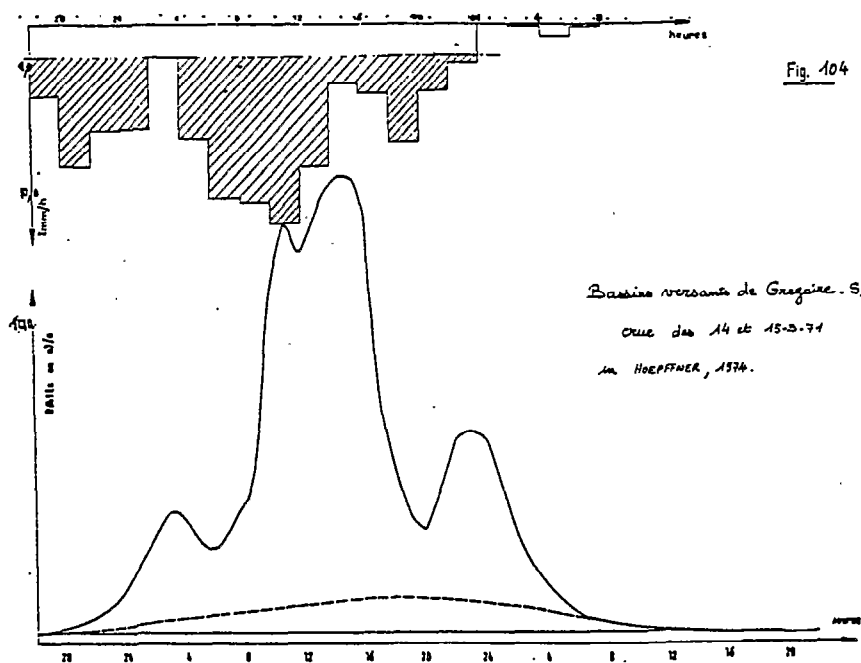
b) Une deuxième période, de 4 h à 14 h où les intensités de pluie ne sont pas supérieures à 30 mm/h en 10 mn. Mais cette période pluvieuse ne connaît pas d'interruption, et la période précédente a bien saturé le sol : $I_s = 48$.

Nous avons donc les débits de pointes suivants :

- Station n°3 : $0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ à 8h 00, $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$ à 10h 00 et $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ à 14h 00.
- Station n°1 : $15,1 \text{ m}^3/\text{s}$ à 13h 30 et $14,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à 16h 30.

c) Une troisième période, de 16 h à 24 h, composée de deux averses :

- Une première averse de 40 mm/h en 10 mn de 18h 30 à 18h 40 qui correspond à un débit de pointe à 19h 30 de $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ à la station 3 ($I_s = 68$).
- Une deuxième averse entre 20 h 30 et 23h 00 pour laquelle $Q_{M1} = 6,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à 1h 00 et $Q_{M3} = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$ à 21h 50 ($I_s = 85$).

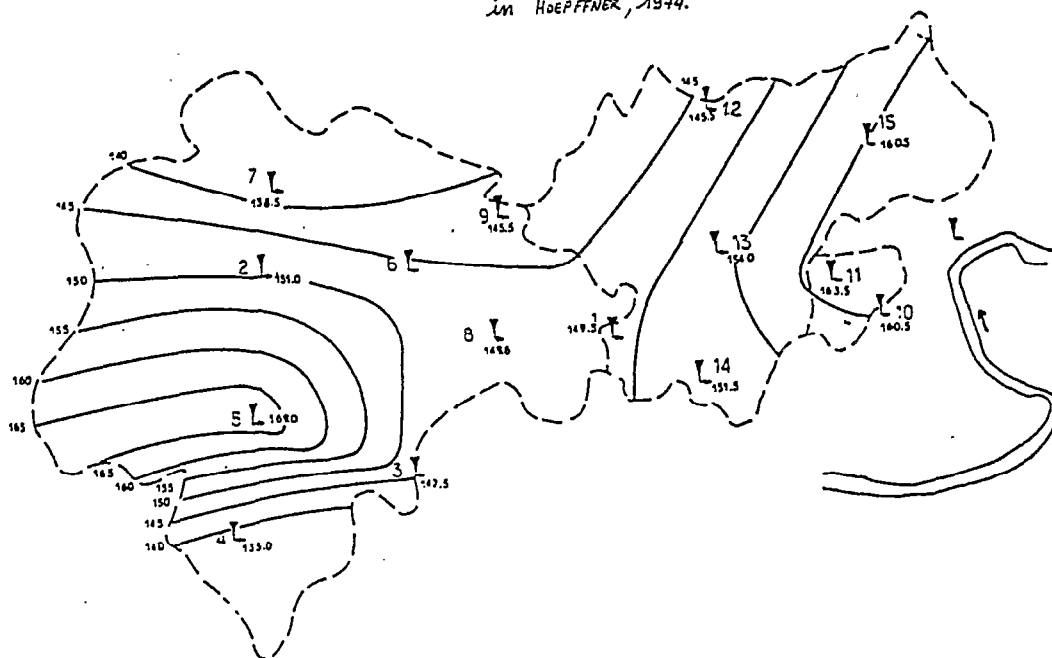


BASSINS VERSANTS DE LA CRIQUE GREGOIRE

Fig. 105

Averses du 14-15 Mars 71

in HOEFFNER, 1974.



22.3. Interprétation des observations et des données

223.1. Caractéristiques des crues (tableau n°62)

Les caractéristiques de quelques crues analysées tant à la station 1 (bassin versant 1) qu'à la station 2 (bassin versant 2) ou 3 (bassin versant 3) sont présentées dans le tableau n°62, dans lequel :

- PM est la précipitation maximale ponctuelle, en mm
- Pm est la précipitation minimale ponctuelle, en mm
- Pmoy, la précipitation moyenne, en mm, obtenue par moyenne arithmétique des pluies ponctuelles affectées des coefficients de THIESSEN.
- tm le temps de montée de la crue, en heures
- tb le temps de base du ruissellement pur, en heures
- Tb le temps de base de l'écoulement total (ruissellement pur + écoulement différé)
- Is l'indice de saturation du sol
- Vr le volume ruisselé, en milliers de m³ pour les bassins 1 et 2, en centaines de m³ pour le bassin 3
- Ve = Vr + Vh le volume total écoulé, en milliers de m³ pour les bassins 1 et 2, en centaines de m³ pour le bassin 3
- Hr = $\frac{Vr}{S}$ la lame ruisselée, en millimètres
S = superficie du bassin
- Kr = $\frac{Hr}{Pmoy}$ le coefficient de ruissellement, en %
- He = $\frac{Ve}{S}$ la lame écoulée en mm
- Ke = $\frac{He}{Pmoy}$ le coefficient d'écoulement en %
- Qo le débit de base avant la crue
- QM le débit maximum de la crue
- QMR le débit maximum, après déduction de l'écoulement de base et de l'écoulement différé.

De plus, pour certaines crues du bassin 3 les hydrologues mentionnent :

- Ps le poids en kg des sédiments en suspension transportés par la crue
- Pc le poids en kg des sédiments charriés.

BASSINS VERSANTS DE LA CRUQUE GREGOIRE
CARACTERISTIQUES DES CRUES

Tableau n° 62

Station 2

Date	Pmoy mm	tm h	tb h	Tb h	Vr 10 ³ m ³	Vr+Vh 10 ³ m ³	Hr mm	Kr %	He mm	Ke %	Qo m ³ /s	QM m ³ /s	QMR m ³ /s
29-2-68	68,8	9,0	19,0	44,0	271,0	776,0	21,8	31,7	62,6	50,0	0,50	14,60	12,80
1-3-68	56,4	5,0	11,0		328,0		26,4	46,8			1,60	23,80	20,20

Station 1

Date	P ₁ mm	P _n mm	P _{moy} mm	t _n h	t _b h	T _b h	I _s	V _r 10 ³ m ³	V _r +V _b 10 ³ m ³	H _r mm	K _r %	K _e %	Q _o m ³ /s	Q _M m ³ /s	Q _{MR} m ³ /s
4/5-2-69			122,8	5	24	34	43	509,8	601,2	60,7	49,4	58,0	0,40	22,7	21,8
14/3-71	169,0	135,0	150,0	19	35	43	48	574,6	677,5	68,4	45,6	53,8	0,30	14,6	13,2

STATION 3

Date	P ₁ mm	P ₁₁ mm	P _{moy} mm	t _n h	t _b h	T _b h	I _s	V _r 10 ² m ³	V _r +V _b 10 ² m ³	H _r mm	K _r %	K _e %	Q _o m ³ /s	Q _M m ³ /s	Q _{MR} m ³ /s	P _c kg
14-3-71	14,0	13,0	13,4	1h30	2h30		37	1,6		0,7	5,2		0,025	0,070	0,030	
14-3-71	32,0	39,0	36,2	3h00	8h30	47h	48	18,3	140,5	7,6	21,0	49,5	0,045	0,360	0,230	36,2
15-3-71	86,0	90,0	89,2	8h00	11h30		68	114,0		47,5	53,5		0,080	0,945	0,785	
15-3-71	21,0	22,0	21,6	3h20	6h00		65	15,6		6,6	30,5		0,085	0,385	0,275	20,4

223.2. Bilan hydrologique

Bilans mensuels :

Au cours des cinq années d'étude des bassins versants de Grégoire, les hydrologues ont remarqué que :

- les débits moyens mensuels les plus élevés ont eu lieu en mars, avril ou mai ;
- les débits moyens mensuels sont les plus faibles, rarement en octobre, le plus souvent en novembre ;
- les débits moyens mensuels observent un fléchissement en mars.

En comparant ces résultats avec la pluviométrie moyenne mensuelle sur le bassin, on constate que :

- les débits mensuels élevés correspondent aux maxima pluviométriques ;
- par contre, les débits minima sont en retard d'un mois par rapport aux pluviométries mensuelles les plus faibles.

Bilans annuels :

Les valeurs annuelles de :

- V_e, volume total écoulé, en milliers de m³
- H_e = $\frac{V_e}{S}$ la lame écoulée en mm
- M_o, module, en m³/s
- M_S = $\frac{M_o}{S}$, module spécifique, en l/s km²
- P_{moy}, pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin, en mm
- D_e = P_{moy} - H_e, déficit d'écoulement en mm
- K_e = $\frac{H_e}{P_{moy}}$, coefficient d'écoulement annuel en %

sont représentés dans le tableau page suivante.

Bassins	Année	Ve 10 ³ m ³	He mm	Mo m ³ /s	MS l/s	Pmoy mm	De mm	Ke %
BV 1	1969	14 760	1 757	0,468	55,7	3 020	1 263	58
	1970	18 000	2 143	0,571	67,9	3 921	1 778	55
	1971	21 670	2 579	0,687	81,8	4 057	1 478	64
	1972	18 860	2 245	0,596	71,0	3 697	1 452	61
	moyenne	18 320	2 181	0,581	69,2	3 674	1 493	59
BV 3	1971	933,5	3 889	0,0296	123,0	4 027	137	96
	1972	767,7	3 199	0,0243	101,0	3 712	513	86
	moyenne	850,6	3 544	0,0269	112,0	3 870	325	91

Bassin versant n°1 :

Les hydrologues ont représenté les valeurs annuelles de He, De et Ke en fonction de la pluie moyenne annuelle sur le bassin n°1.

A l'exception de l'année 1970 pour laquelle le volume écoulé a été relativement faible, les points représentatifs s'alignent sur des droites dont les équations obtenues graphiquement sont :

$$He = 0,80 P - 700 \quad (1)$$

$$\text{d'où } De = 0,20 P - 700 \quad (2)$$

$$\text{et } Ke = 0,80 - \frac{700}{P} \quad (3).$$

De la troisième relation, on en déduit que Ke sera toujours inférieur à 80 %, ceci quel que soit P.

Durant les cinq années de mesures, le débit maximum observé à la station 1 a été de 30 m³/s le 15-4-1972. La durée de la pluie génératrice 6 heures et sa structure : 23 mm en 1 heure, 18 mm en 30 minutes, 57 mm en 2 heures, distantes entre elles de 1h 30. Ces résultats permettent de justifier les hypothèses avancées par les hydrologues pour la détermination de la crue décennale qui aurait les caractéristiques suivantes :

- l'averse de forte intensité donnant lieu à cette crue a une durée de 6 heures ; la hauteur de la pluie décennale correspondante est de 150 mm ;
- cette averse est composée de trois averses unitaires de 1 heure chacune, distantes de 2 heures entre elles. Les hauteurs de pluie de chacune d'elles sont dans l'ordre : 40 mm, 40 mm et 70 mm ; cette dernière étant considérée comme la pluie horaire décennale ;
- l'état de saturation du sol est moyen lors de la première averse
 $Kr_1 = 20 \%$.
La deuxième averse ruisselle sur un sol plus saturé : $Kr_2 = 40 \%$.
Enfin la troisième averse tombe sur sol saturé : $Kr_3 = 60 \%$.

Ce qui donne $Hr_1 = 8 \text{ mm}$
 $Hr_2 = 16 \text{ mm}$
 $Hr_3 = 42 \text{ mm}.$

Les trois hydrogrammes unitaires ainsi obtenus composent la crue décennale résultante dont les caractéristiques sont :

QMR = 34 m³/s
t_m = 6 h
t_b = 12 h.

En considérant que la somme du débit de base et du débit hypodermique est voisine de 2,0 m³/s :

QM = 36 m³/s, soit un débit maximum spécifique
QM de 4.300 l/s. Km².

Pour HOEPFFNER (1974), la relation $He = 0,80 P - 700$ semble vérifiée si la somme des pluies moyennes lors de la saison sèche précédente est supérieure ou égale à 1000 mm. Cette valeur doit correspondre au maintien d'une certaine humidité des sols. Si cette limite n'est pas atteinte, une partie $P = \Delta He$ de la pluie tombée l'année suivante doit reconstituer le stock d'eau profonde du sol.

Bassin versant n°3 :

Les valeurs du coefficient d'écoulement annuel sur ce bassin sont particulièrement élevées, de l'ordre de 90 %. Cette anomalie (HOEPFFNER, 1974) s'expliquerait par des apports souterrains provenant des bassins 1 et 2 qui remonteraient à l'air libre au niveau de l'affleurement rocheux sur lequel est installé la station 3.

Un autre argument en faveur de l'existence de tels apports souterrains est donné par l'étude des étiages.

Etude des étiages :

Les cinq années d'étude du bassin versant de Grégoire ont permis aux hydrologues de montrer que les étiages absolus ne sont pas en relation directe avec la pluviométrie de la même année, car il ne cesse de pleuvoir même en saison sèche. Et de fortes averses, comme par exemple celle du 28-11-1972 (pour laquelle il a été observé le plus fort débit jamais noté à la station 3 : QM = 3,8 m³/s), viennent perturber le tarissement des cours d'eau en réapprovisionnant les réserves en eau du sol.

Les étiages absolus dépendent dans une certaine mesure de la pluviométrie des 6 mois de saison des pluies qui alimentent en grande partie le stock d'eau dans le sol, mais aussi pour une bonne part, du temps pendant lequel il ne pleut pas durant la saison sèche. Et ces périodes sont éminemment variables en durée.

On note aussi une croissance de l'étiage spécifique absolu avec la pluviométrie totale annuelle comme avec la pluviométrie des 6 derniers mois de la même année (puisque ces deux variables sont liées : $\frac{P \text{ annuel}}{P \text{ saison sèche}} = 0,25$)

sans que l'on puisse définir de relations précises entre elles.

Il semble par contre que les débits spécifiques aux trois stations soient liés.

En effet, en portant en abscisse les débits spécifiques de la station 1, en en ordonnées les débits spécifiques (Q2) et (Q3) des stations 2 et 3, les points représentatifs de chaque année observée s'alignent sur une droite.

Il paraît normal que le débit spécifique absolu de S_2 soit lié à celui de S_1 , puisque les deux stations sont situées toutes deux sur la crique Grégoire et qu'aucun affluent important ne conflue avec celle-ci entre S_1 et S_2 .

Par contre, la relation entre Q1 et Q3 (ou Q2 et Q3) *confirmerait bien l'existence d'apports souterrains issus du bassin de la crique Grégoire et alimentant le bassin n°3 qui lui est adjacent.*

2.3. LES TRANSPORTS SOLIDES

Les études hydrologiques réalisées sur le bassin versant n°3 concernent les sédiments en suspension dans l'eau du cours d'eau et les sédiments charriés dans son lit ; ces sédiments constituent les effets principaux de l'érosion mécanique des eaux d'origine météorique sur les sols du bassin n°3.

23.1. Mode opératoire

Le mode opératoire pour l'étude du charriage comme pour celle des sédiments en suspension ainsi que la granulométrie de ces sédiments a été décrit dans la première partie de l'étude, chapitre I, lors de la présentation des méthodes et techniques d'étude sur le bassin versant.

23.2. Résultats

232.1. Les crues étudiées

Les prélèvements de sédiments en charriage et en suspension n'ont pu se faire pour chaque crue. Dans ces conditions, les prélèvements effectués dans la fosse correspondent souvent à plusieurs crues. 42 crues ont été néanmoins analysées du point de vue de leur poids solide charrié P_c .

Et sur 40 crues, un grand nombre de concentrations de sédiments en suspension (10 à 20 mesures par crue en moyenne) ont pu être déterminées pour obtenir leur poids en suspension P_s avec une bonne précision. Nous avons au total 80 crues pour lesquelles nous connaissons P_s et/ou P_c .

L'échantillon se réduit à 23 événements si l'on veut avoir P_s et P_c pour la détermination du poids total transporté :

$$P_T = P_s + P_c$$

232.2. Interprétation

Les résultats ont été présentés par les hydrologues (HOEPFFNER, 1974) sous forme de tableaux dans lesquels :

- P moy est la pluie moyenne de l'averse
- Vr le volume ruisselé en m³
- Hr la lame ruisselée en mm
- QMR le débit liquide ruisselé maximum, en M³/s
- CMs la concentration maximale, en mg/l
- CMs = $\frac{P_s}{V_r}$ la concentration moyenne des sédiments en suspension, en mg/l
- CMc la concentration moyenne des sédiments charriés, en mg/l et égale à $\frac{P_c}{V_r}$
- $\frac{CMs}{CMc}$ le rapport de la concentration maximale à la concentration moyenne des sédiments en suspension
- $\frac{P_c}{P_s + P_c}$ le rapport du poids solide charrié au poids total transporté
- P_T le poids total transporté en Kg.

2322.1. Suspension et charriage

Pour les 23 crues au cours desquelles ont été déterminées P et P_T, les points figuratifs de ces dernières s'alignent sur une droite de pente 0,60 (en portant la valeur de P_T en abscisse et de P en ordonnée). Les hydrologues considèrent donc qu'avec l'échantillon étudié la part des sédiments en suspension dans l'érosion totale est prépondérante.

2322.2. Relations entre transports solides et ruissellement

Si l'on peut obtenir un poids total charrié au cours d'une année, par contre les crues pour lesquelles aucun prélèvement de sédiment en suspension n'a pu être réalisé sont assez nombreuses pour qu'il n'ait pas été possible de connaître directement le poids total de sédiments transportés sous forme de suspension. HOEPFFNER a donc tenté de rétablir les données manquantes des crues non observées en reliant les caractéristiques des solidogrammes à celles des hydrogrammes de ruissellement en représentant les solidogrammes en coordonnées (Qs, t) en regard des hydrogrammes observés à la station 3.

Il en résulte que les temps de montée et les temps de base correspondent à ceux du ruissellement pur ; que les débits solides sont négligeables lors de l'écoulement différé ; que la concentration maximale CMs, et par là-même le débit solide maximum QMs est obtenu au maximum de débit liquide QMR.

23.3. Bilan de l'érosion

Le tableau ci-dessous donne les poids mensuels en Kg exportés en charriage sur le bassin n°3 :

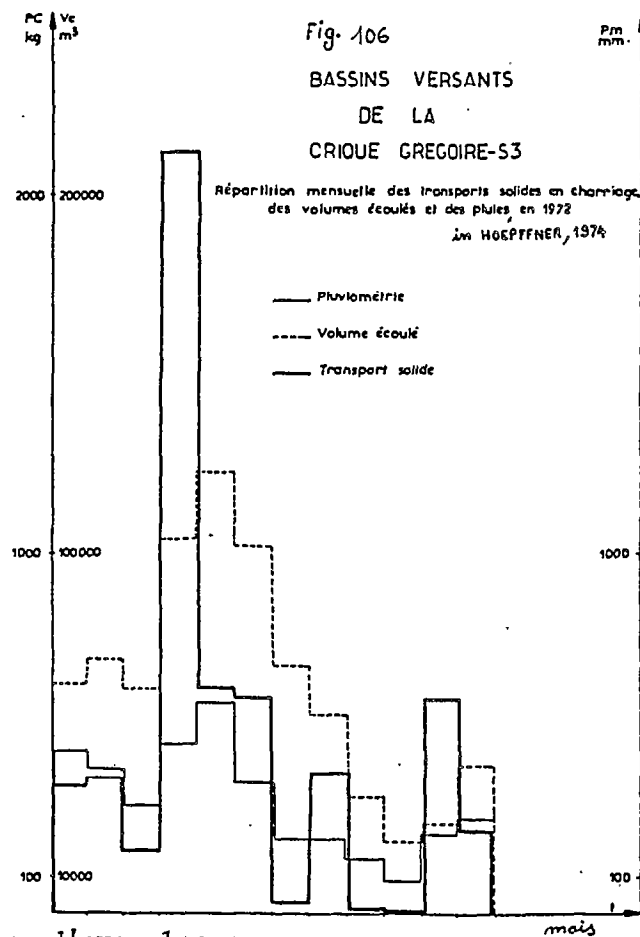
ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1970	-	-	-	-	-	364,0	25,1	194,0	67,4	13,7	3,2	3,1	-
1971	-	-	-	390,0	779,0	392,0	597,0	6,3	1,9	16,4	52,3	213,0	-
1972	352,0	372,0	172,0	2 120,0	631,0	606,0	33,7	385,0	9,5	4,0	599,0	224,0	5 307,0

Nous avons un total de 5.307 kg pour l'année 1972.

En considérant que la part de l'érosion en charriage dans l'érosion mécanique totale est de 40 % (HOEPFFNER, 1974), on peut estimer l'érosion mécanique spécifique totale à 0,55 t/ha/an et l'araselement du sol à 0,03 mm par hectare et par an.

Ces valeurs sont particulièrement faibles si on les compare à celles des bassins étudiés en Afrique tropicale.

D'autre part, si on reporte les poids des sédiments charriés durant l'année 1972 à l'échelle de la journée et du mois (figure n°106) on se rend compte que la part des crues dans le bilan mensuel est bien plus important pour le transport solide que pour l'écoulement.



A titre d'exemples :

- La crue du 15-4-1972 a donné :
 - a) Pour le transport solide, 21 % du total annuel et 50 % du total mensuel.
 - b) Pour l'écoulement, 0,02 % du volume mensuel et 2×10^{-3} % du volume annuel.
 - c) Pour la pluviométrie, respectivement 24 % et 31 %.
- Celles des 6 et 7-8-1972 :
 - a) Pour le transport solide : 93 % du total mensuel.
 - b) Pour l'écoulement : 3×10^{-3} % du volume d'août.
 - c) Pour la pluviométrie, 24 %.

- Celle du 28-11-1972 :

- a) 99,7 % du poids charrié durant le mois de novembre.
- b) 0,03 % du volume écoulé en novembre.
- c) 27 % de la pluviométrie mensuelle.

23.4. Granulométrie des sédiments

234.1. Sédiments charriés

Les courbes granulométriques donnent les pourcentages cumulatifs en regard du logarithme des calibres.

2341.1. Chacune des courbes est caractérisée par 4 paramètres

- La médiane M_d , dont l'ordonnée est 50 %, qui caractérise la grossièreté de la formation.
- Le Q_{dphi} de KRUMBEIN, et l'hétérométrie de CAILLEUX, qui expriment la pente maximale de la courbe. Ils caractérisent la qualité du triage : plus la pente maximale est faible, moins le triage est bon.
- Enfin, le pourcentage en éléments fins, qui est le rapport des poids des argiles et limons (D inférieur à 50 microns) au poids des sables fins et grossiers (D supérieur à 50 microns).

a) Les médianes

Elles varient entre 400 et 1.400 microns.

Les hydrologues ont remarqué que les courbes des sédiments charriés en étiage admettent des médianes relativement faibles : 400 à 600 microns, alors que les médianes des sédiments de crue sont plus élevées : 700 à 1.400 microns.

Il semble que la médiane est d'autant plus élevée que le volume de ruissellement est important.

b) Q_{dphi} et hétérométrie

L'hétérométrie varie entre 1,08 et 0,25 ; la valeur la plus fréquente étant 0,60.

Le Q_{dphi} est compris entre 1,78 et 0,47 (valeurs extrêmes mesurées).

La qualité du triage est bonne (faible valeur de ces paramètres) lors des étiages. Elle l'est d'autant moins pour des débits de plus en plus élevés.

c) Pourcentage en éléments fins

Il est invariablement de 1,0 pour les crues, supérieur à 1 (de 3 à 12) pour les étiages.

2341.2. Si l'on répartit les sédiments charriés en 3 classes

- les sables fins (compris entre 50 et 200 microns)
- les sables grossiers (compris entre 200 et 2000 microns)
- le refus à 2 mm,

on constate :

- que les refus à 2 mm sont plus importants en crue (25 % en moyenne) qu'en étiage (15 %),
- que les sables fins, par contre, le sont moins en crue (5 %) qu'en étiage (15 %),
- mais que, en crue comme en étiage, les sables grossiers sont dans la même proportion (70 %).

234.2. Sédiments en suspension

Les hydrologues ont cherché à connaître la répartition granulométrique des sédiments en suspension en distinguant par l'analyse mécanique, les matières organiques, les argiles, les limons (fins et grossiers), les sables (fins et grossiers).

L'analyse a été effectuée sur l'ensemble des sédiments prélevés lors d'une crue (les poids des dépôts variant de 1 à 20 g pour un prélèvement de sédiments en suspension). La répartition granulométrique semble constante quelle que soit la crue. En moyenne :

38 % de matière organique, 35 % d'argile, 15 % de limon fin, 5 % de limon grossier, 5 % de sable fin, 2 % de sable grossier.

2.4. LA PERMEABILITE DES SOLS

Au cours de la cartographie pédologique du bassin versant, un certain nombre de mesures de perméabilité ont été réalisées au laboratoire, sur échantillons remaniés. L'examen des courbes de perméabilité (fig. 107) rend compte d'une rapide diminution de cette perméabilité avec la profondeur. Les valeurs obtenues varient de plus de 150 cm/h pour les horizons de surface (0-10 cm) à moins de 10 cm/h dès 40 cm de profondeur. Les écarts entre les mesures de perméabilité réalisées au laboratoire et au champ sont très importants puisque les mesures de terrain (THIAIS et BLANCANEUX, 1971) donnent des résultats dix fois moins élevés que ceux que l'on obtient au laboratoire. En effet, un certain nombre de tests de perméabilité de surface au champ sous charge d'eau par la méthode MUNTZ, modifiée par THIAIS, 1968 furent réalisées à différents niveaux de la toposéquence II. Les valeurs obtenues (pour les mêmes profils) varient de 6,7 cm/h à 32,2 cm/h (tableau n°63 et figure n°108) de 0 à 10 cm de profondeur et sont ensuite nulles à partir de 30 cm.

Les hydrologues ont effectué des mesures comparatives de perméabilité avec les deux appareils de MUNTZ, celui que THIAIS avait modifié mais qui ne possédait pas d'anneau de garde et celui préconisé par COLOMBANI et Al, 1972, avec anneau de garde. Les résultats obtenus démontrèrent que malgré la très faible perméabilité mesurée avec le premier appareil, les coefficients de perméabilité calculés étaient néanmoins surestimés. Avec le nouvel appareil : $K = 2 \cdot 10^{-6}$ m/s en moyenne pour des observations de surface sur la toposéquence II.

Les mesures effectuées par la méthode PORCHET aux mêmes sites, donnent des valeurs de K voisines de 5×10^{-5} m/s pour une profondeur de trou de 20 cm et de 2×10^{-5} m/s à 60 cm de profondeur.

Les résultats obtenus in situ avec les deux méthodes pour l'horizon de surface ne concordent pas ; en fait, deux perméabilités différentes étaient mesurées ; la méthode PORCHET donne une perméabilité horizontale, celle de MUNTZ une perméabilité verticale. Comme les racines, très nombreuses en surface, sont toutes déviées horizontalement dans ces sols, le cheminement préférentiel de l'eau se fait le long des racines ou des galeries racinaires. La composante horizontale de la vitesse de filtration est donc supérieure à sa composante verticale.

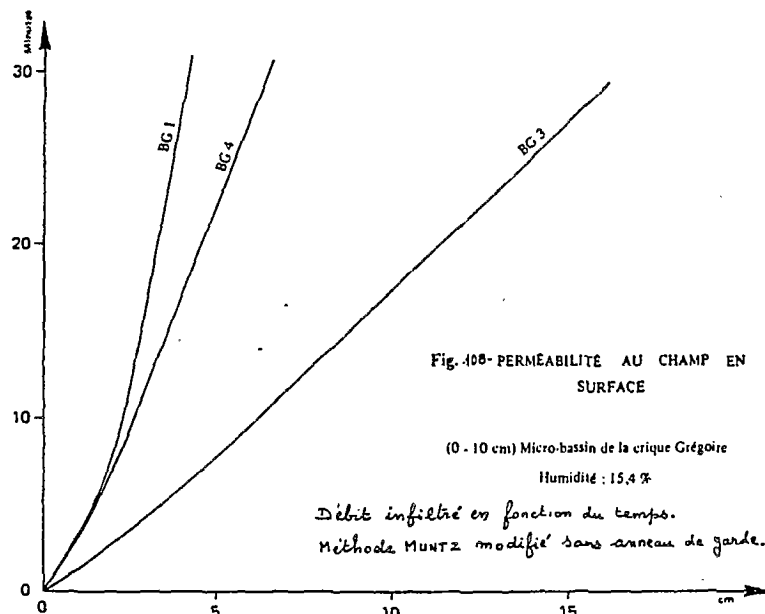
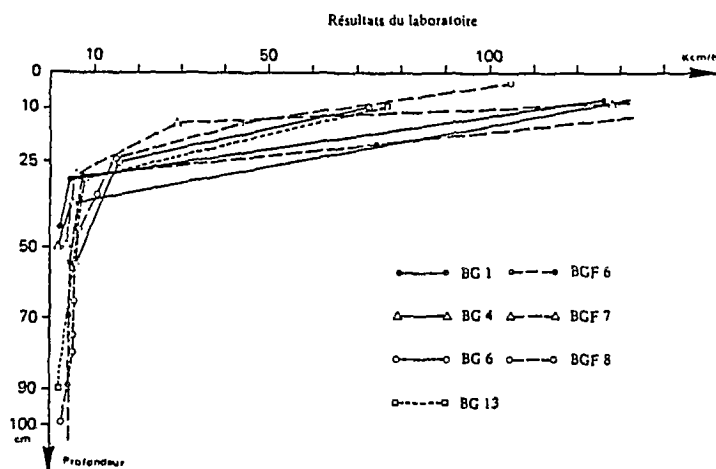
D'autre part, les difficultés rencontrées pour la mise en pratique des deux méthodes expliquent dans une certaine mesure les variations trouvées pour un même site ; la faible perméabilité verticale ne permet pas une alimentation en eau continue de l'appareil de MUNTZ, malgré le système d'alimentation automatique à deux orifices. Les nombreuses racines perturbent par ailleurs la progression du flotteur avec le niveau d'eau.

Profils	Profondeur	Mesures en cm/heure *	
		Sur le terrain	Au laboratoire
BG 1 3 4	1 - 10	6,7 32,2 12,7	150 - 160
	20 - 35	-----	6
	35 - 45	0	2,2
BGF ₆	1 - 15		1000
	20 - 40		8,3
	45 - 65		6,0
	70 - 90		4,0
BGF ₇	1 - 10		1000
	10 - 20		35,1
	20 - 40		7,1
	40 - 60		4,9
BGF ₈	1 - 10		127
	10 - 20		53,5
	20 - 30		17,9
	30 - 40		13,8
	40 - 50		7,0
	50 - 60		6,3
	60 - 70		6,1
	70 - 80		5,4
	80 - 90		5,4
	90 - 100		4,5

Tableau n°63.- PERMEABILITE COMPAREE A DIFFERENTES PROFONDEURS
Bassin versant de Grégoire

* MUNTZ modifié dans anneau de garde

Fig. 107. PERMEABILITÉ COMPAREE DES PROFILS DU
BASSIN VERSANT DE GREGOIRE



3 - LES RELATIONS SOLS-COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE ESSAI D'UN MODELE DE DRAINAGE A DEUX FLUX

3.1. LE COMPORTEMENT HYDRO-DYNAMIQUE DES SOLS DU BASSIN VERSANT DE GREGOIRE

La carte pédologique à 1/30.000 n'a pas pris en compte directement des caractères de fonctionnement hydrodynamique. Nous avons défini les unités de cette carte à partir des processus de lessivage, remaniement et rajonissement introduits aux niveaux des groupes et des sous-groupes dans la

classification des sols ferrallitiques (AUBERT et SEGLEN, 1966).

La correspondance entre les types de sols qui définissent ces unités cartographiques et la dynamique de l'eau a donc été établie en considérant dans les descriptions des sols, les caractères qui indiquent directement ou indirectement le type de drainage (vertical libre, ou engorgement ou (et) drainage latéral). Ce sont les appréciations sur l'humidité (sec, frais, humide, trempé, écoulement d'eau libre, stagnation d'eau dans les cuvettes en surface, etc.), sur l'espace poral (sol serré, compact), sur le comportement hydrodynamique (imperméable), sur l'hydromorphie (taches de réduction, d'oxydation et leur localisation, concrétions, etc.) qui nous ont permis d'établir une corrélation. Cette correspondance est alors :

- *Sols à drainage vertical fortement contrarié, voire bloqué*, avec stagnation (zone sommitale) ou flux latéraux superficiels ou hypodermiques (versants) : sols TYPIQUES jaunes + sols LESSIVES modaux + sols REMANIES pénévulés. Cet ensemble X est constitué respectivement par les unités 2, 5 et 3 de la carte pédologique (figure n°13).

- *Sols à drainage vertical important jusqu'à une nappe à profondeur variable selon la saison et le dénivelé par rapport au thalweg*. Cet ensemble Y est constitué par les unités 4 (sols REMANIES hydromorphes) et 6 (sols HYDROMORPHES) de bas de versant et de bas-fond sur colluvions sablo-argileuses.

Ces deux comportements différents paraissent en relation avec les caractéristiques morphologiques suivantes :

- *Ensemble X* : en sommet de colline (cuvettes de stagnation en surface) ou sur versants pentus (marque d'érosion) ; les sols sont caractérisés par la faible profondeur (0,5 à 1 m) des horizons BC et C jaune-rougeâtres à structure de la roche reconnaissable, avec au-dessus un horizon jaune compact et argileux, imperméable avec engorgement vers 20-40 cm de profondeur.

- *Ensemble Y* : sur pentes faibles (2 %) dominées par les sols de l'ensemble X ; ce sont des sols à horizon de texture sableuse à dominance de sables grossiers, puis progressivement (vers le bas) sablo-argileux, d'où une porosité favorisant une certaine infiltration jusqu'à la nappe phréatique.

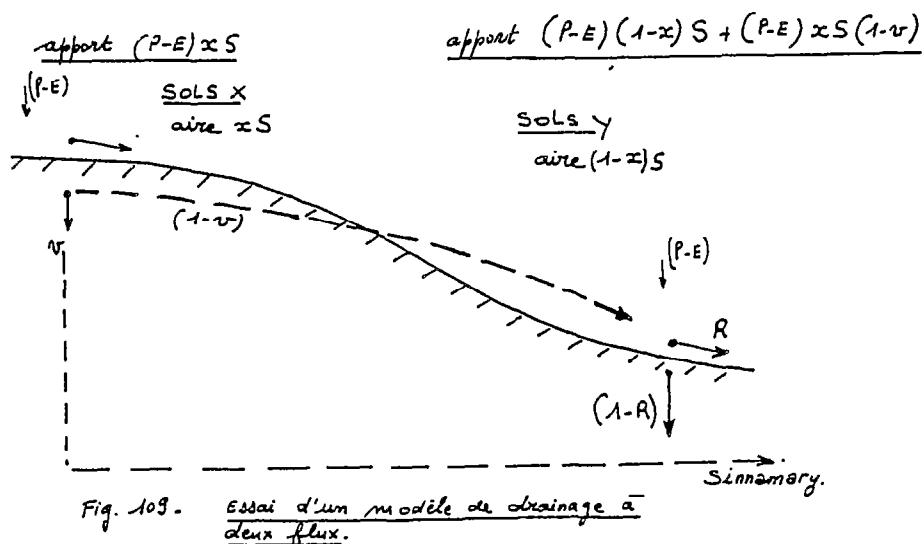
3.2. ESSAI DE BILAN DES FLUX VERTICAUX (drainage jusqu'à la nappe) ET DES FLUX LATÉRAUX (ruissellement superficiel et hypodermique)

La couverture de sol du bassin versant associe donc des sols X où la composante verticale du flux infiltré est minime (fraction v) et la composante latérale prépondérante ($1-v$), et des sols Y caractérisés par un flux latéral hypodermique et de ruissellement important (fraction R), et un flux vertical également notable ($1-R$).

Si P désigne l'apport pluvial en mètres, E l'évapotranspiration (en mètres), S l'aire du bassin en m^2 , x la fraction de cette aire occupée par les sols X, on a, en m^3 , si A représente l'apport d'eau en surface du sol :

$$\begin{aligned} A_x & \text{ (apport aux sols X) } = (P-E)xS \\ A_y & \text{ (apport aux sols Y) } = (P-E)(1-x)S + (P-E)x(1-v)S \end{aligned}$$

flux pluvial flux venant des sols X
direct



$$\begin{aligned}
 \text{L'écoulement} &: R(P-E)S \left[(x(1-v) + (1-x)) \right] \\
 &R(P-E)S \left[(1-xv) \right] = K_e Sx(P-E) \\
 \text{d'où} &: R(1-xv) = K_e.
 \end{aligned}$$

La surface du bassin versant présente un rétrécissement de part et d'autre duquel x (proportion de sols X) diffère notablement. Le coefficient d'écoulement global (K_e) mesuré par les hydrologues aux stations S_1 et S_2 permet d'obtenir un système de deux équations à deux inconnues, v et R connaissant x .

Sous-bassin S_1 :

Le planimétrage du sous-bassin S_1 donne les valeurs suivantes :

$$\text{Surface totale } S_1 = 9,5 \text{ km}^2 \quad S_X \text{ (unités } 3+2+5) = 7,4 \text{ km}^2$$

$$x = \frac{7,4}{9,5} = 0,78.$$

Le coefficient d'écoulement moyen annuel mesuré par les hydrologues à la station 1 est égal à $K_e = 0,59$

d'où l'équation (1) pour le sous-bassin S_1 :

$$R(1-0,78v) = 0,59.$$

Sous-bassin S_2 :

Le planimétrage des différentes unités constituant ce sous-bassin situé à l'aval de la station 1 donne les valeurs suivantes :

$$\text{Surface totale } S_2 = 5,5 \text{ km}^2$$

$$S_X \text{ (unités } 2+3+5) = 4,7 \text{ km}^2 \text{ d'où : } x = \frac{4,7}{5,5} = 0,85.$$

Comme nous ne possédions pas le coefficient d'écoulement moyen annuel pour le sous-bassin S_2 , la valeur présentée ici a été estimée à partir d'une moyenne de plusieurs crues pour lesquelles les hydrologues ont présenté à la fois les valeurs de K_e en S_1 et S_2 en rapportant les valeurs présentées pour S_2 à la surface de ce sous-bassin ; en effet, pour les hydrologues le bassin S_2 correspond à la totalité du bassin versant de Grégoire.

Le coefficient d'écoulement obtenu pour ce sous-bassin S_2 serait ainsi de l'ordre de 50 %. $K_e = 0,50$

d'où l'équation (2) pour le sous-bassin S_2 :

$$R (1 - 0,85v) = 0,50.$$

Les équations (1) et (2) donnent :

$$\frac{1 - 0,78v}{1 - 0,85v} = \frac{0,59}{0,50}$$

et $v = 0,81$; en portant cette valeur dans l'équation (2) on trouve $R = 0,34$.

TROISIEME PARTIE

SYNTHESE ET INTERPRETATION GENERALE

CHAPITRE VI

EVOLUTION DES SOLS EN RELATION AVEC LES CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

1 - LES SOLS DE LA REGION DE GREGOIRE : MISE EN EVIDENCE DE DEUX TYPES DE COUVERTURES PEDOLOGIQUES

1.1 - CARACTERISTIQUES GENERALES DU MODELE ET DES SOLS

11.1 - Modelé

Il a été décrit dans le chapitre I ; il est formé de collines à versants convexes avec des pentes fortes à très fortes. Ces collines sont associées par groupes entre les bas fonds. Deux types de modelés qui semblent être en relation avec les types de comportements hydrodynamiques ont été observés. Les collines à *sommets arrondis* du type de la colline I (toposéquence I) dépourvues de cuvettes sur le sommet semblent bénéficier d'un drainage vertical prédominant et profond. Certaines collines par contre, présentent un *replat sommital* plus ou moins marqué, caractérisé par la présence de cuvettes (Djougoung-Pété) ; c'est le cas de la colline II (toposéquence II, III et IV) dont le sommet est le siège d'une nappe temporaire perchée en saison des pluies.

11.2 - Sols

D'une manière générale, les altérites sont peu profondes (colline I) à très peu profondes (colline II). Le solum est peu épais caractérisé par une forte hétérogénéité en relation avec la présence de filons (pegmatites). Le squelette est abondant, grossier, constitué de sables grossiers et de graviers de quartz en accord avec la nature lithologique du substrat (granito-gneiss).

Les sols de la colline I présentent *une forte variation latérale* caractérisée par un appauvrissement des horizons supérieurs (argile, fer) de l'amont et un enrichissement vers l'aval au niveau d'horizons argileux. Dans la colline II, la présence de filons lithorelictuels est en relation directe avec la formation d'horizons gravillonnaires. On ne note pas dans cette colline de variation latérale des sols comme dans la colline I.

En résumé, deux sortes de couvertures pédologiques en relation avec deux types de modelés différents sont ainsi mis en évidence sur le bassin versant de Grégoire.

1.2 - LA COUVERTURE I A FORTE VARIATION LATÉRALE (COLLINE I)

Cette couverture pédologique est caractérisée par la *présence d'horizons argileux de plus en plus accusés vers l'aval*.

Les sols du sommet et du haut de versant sont caractérisés par une différenciation verticale peu contrastée des horizons ; ce sont des sols pénévolus où la présence de minéraux altérables est encore reconnaissable. Ces sols sont relativement mal structurés, moins riches en micropeds, que leurs homologues africains. La présence au sommet de pente d'un résidu total élevé est indicatrice d'une éluviation par lessivage (terme pris dans le sens pédologique de transfert de particules solides fines) des produits d'altération secondaires avec entraînement préférentiel de l'alumine, et accumulation relative des minéraux primaires principalement constitués de quartz.

Mis à part le ruissellement de surface et bien que l'observation macroscopique de terrain ait révélé quelques signes de ralentissement du drainage vers 2 m de profondeur dans l'horizon B₃, la caractérisation hydrique saisonnière rend compte d'une dynamique de l'eau essentiellement verticale et profonde.

Les sols de mi-pente et de bas de versant sont marqués par un contraste textural et structural des horizons d'autant plus accentué verticalement dans les profils que l'on va vers l'aval. L'apparition d'horizons argileux médians à porosité ultra fine est le caractère prédominant de la variation latérale à l'échelle du versant. Cette augmentation d'argile s'accompagne d'un accroissement corrélatif des teneurs en fer, alumine et silice ; de même, la porosité (des mottes) augmente significativement avec la teneur en argile. La partie aval du versant est donc le siège d'une accumulation relative (milieu illuvial) des produits d'altération secondaires.

Les caractéristiques hydriques secondaires rendent compte de circulations d'eau plus importantes dans le versant qu'au sommet de colline. En effet, le contraste énergétique de l'eau s'accroît d'amont en aval du versant, où on est amené à distinguer : des horizons humifères subsaturés, des horizons argileux à dessiccation assez poussée en saison sèche, des horizons d'altérations proches de la capacité au champ toute l'année. Une circulation latérale de l'eau sur le versant par la tranche superficielle saturée (en saisons pluvieuses) puis au sommet des horizons argileux (toute l'année) est possible.

En conclusion, dans la couverture à forte variation latérale, deux flux gravitaires associés peuvent être distingués :

- un drainage vertical profond, principalement au sommet mais aussi sur l'ensemble du versant ;
- un écoulement latéral en surface (ruissellement), subsuperficiel dans les horizons argileux dans le bas de versant.

1.3 - LA COUVERTURE II A CUVETTES EN SURFACE DU REPLAT SOMMITAL (COLLINE II)

Sur le replat sommital, les profils sont caractérisés par des différenciations verticales extrêmement nettes. Le passage entre un matériau

rouge "sec au toucher" (B_3) à un matériau jaune plus ou moins humide (B_2) est brutal, d'ordre centimétrique. La présence d'horizons gravillonnaires est régulièrement associée à cet horizon B_2 . Des feldspaths plus ou moins altérés sont reconnus dès 50 cm de profondeur et la structure de la roche mère est conservée en outre dans les lithoreliques.

Sur les versants, on constate que les horizons d'altération sont d'autant moins profonds et que par conséquent le solum est d'autant moins épais que les pentes sont fortes. D'une manière générale l'altérite est relativement moins profonde que dans la couverture I. Mis à part l'alignement des reliques ferruginisées qui se dissocient des filons de pegmatite légèrement obliques par rapport au modelé (toposéquence IV), on ne note pas de variations texturales significatives latéralement dans les toposéquences qui caractérisent cette couverture pédologique. Il y a cependant perte d'individualisation de l'horizon B_2 oxiq. jaune vif de l'amont vers l'aval des toposéquences.

En ce qui concerne les données de fonctionnement hydrodynamique, les sols du sommet sont caractérisés par un drainage vertical fortement ralenti, voire temporairement bloqué dans l'horizon B_2 argileux, dense, compact, peu poreux et peu perméable. L'horizon gravillonnaire (B_{2gr}) qui le surmonte présente une macroporosité relativement forte et joue le rôle de magasin de nappe temporaire perchée. Dès l'amorce des pentes (BGF_{13}) et dans le versant, le drainage vertical est contrarié au profit d'un écoulement latéral subsuperficiel entre 0 et 20 cm de profondeur. Les bas de versants sont caractérisés par une hydromorphie de battement de nappe généralisée dans les thalwegs.

1.4 - RELATIONS ENTRE LES DEUX TYPES DE COUVERTURES PEDOLOGIQUES

14.1 - Relations spatiales

Les deux types de couvertures pédologiques présentées dans cette étude ont été décrites sur deux collines voisines, distantes de 500 mètres (figure 11-b). La colline II à cuvettes sur replat sommital étant néanmoins plus élevée (60 m) que la colline I (40 m).

Les descriptions de profils faites au cours de la cartographie pédologique du bassin versant de Grégoire rendent compte, dans la quasi-totalité des cas, d'un drainage vertical contrarié (taches, nodules, cuvettes, etc..) au profit d'un écoulement latéral superficiel ou subsuperficiel dont les traces d'érosion sont régulièrement observées sur les versants (griffes, rigoles, chute d'arbres, etc..). Bien que les deux types de couvertures soient développés sur des collines en demi-orange, il semble que les sols à "drainage bloqué" soient davantage localisés aux collines à plus fortes pentes et à *replats sommitaux relativement mieux marqués* ; il semblerait également qu'une certaine corrélation altimétrique puisse exister : la couverture à cuvettes sur replat sommital a été bien plus fréquemment observée dans les collines d'altitude supérieure ou égale à 60 m.

Nous comparons dans le tableau suivant quelques paramètres géomorpho-pédologiques et de comportements hydrodynamiques des sols développés sur les deux couvertures :

Couverture pédologique I à forte variation latérale Colline I	Argument	Couverture pédologique II à cuvettes sur replat sommital Colline II
Pente moyenne 13%.	→ érosion	Pente moyenne 13 à 48%.
Différenciation latérale.	→ érosion	Pas de différenciation latérale. Analogie avec les horizons profonds de I.
Peu de nodules, mais lithoreliques ferruginisées.	→ érosion ou nappe perchée	Abondance de concrétions et de nodules ferrugineux. Horizons gravillonnaires superficiels.
Drainage vertical, puis drainage latéral sur les versants.	→ érosion	Drainage latéral.
Pas de cuvettes (Djoungoung-Pété). Horizons argileux médians.	→ érosion péjoration du drainage	Cuvettes sur horizon argileux subsuperficiel.
Horizon A généralisé.	→ érosion	Horizon A en "coiffe sommitale".
Pas de blocs lithorelictuels généralisés dans le solum.	→ érosion	Blocs lithorelictuels à faible profondeur dans le solum (B ₃ C).
Pas de filons à orientations conservées près de la surface.	→ érosion	Filons presque en surface (toposéquence IV).
Altérite relativement profonde.	→ érosion	Altérite très peu profonde.
Approfondissement sous les horizons argileux de bas de versant.	→ érosion "racine" conservée ou non selon ablation	Approfondissement aval sous les séquences II et III ; absent en IV (?), plus pentue.
Axes de drainage relativement éloignés.	→ érosion	Axes de drainage plus proches.

14.2 - Relations temporelles

Un mécanisme commun paraît donc responsable de l'évolution actuelle des couvertures pédologiques : *l'érosion*. Nous pouvons donc tenter de reconstituer l'évolution de la couverture II à partir de la couverture I, dont la partie amont représenterait la couverture de départ. Cette couverture est actuellement soumise à un certain nombre de transformations minéralogiques et structurales sous l'influence d'une reprise d'érosion dont les principaux facteurs seraient :

- une accentuation récente de la pluviosité.
- un abaissement du niveau de base.
- un réajustement corrélatif du toit de la nappe phréatique.

Ces différents facteurs conduisent à un enfoncement du modelé actuel dans la couverture ferrallitique de départ.

L'influence d'une telle reprise d'érosion sur les différents paramètres considérés dans le tableau précédent argumente de façon positive l'hypothèse que la couverture II dérive de la couverture I. La réincision à l'aval des versants, consécutive à la reprise d'érosion, peut expliquer, dans le cas de la colline II, la disparition des horizons argileux que l'on observe en bas du versant de la colline I.

L'origine du déséquilibre actuel des anciennes couvertures d'altération ferrallitique tient donc à la recherche générale d'un nouveau niveau de base provoqué par l'abaissement de ce dernier et induit une nouvelle dynamique de l'eau. Cet abaissement serait d'origine tectonique et dû à une surrection de faible amplitude du socle. L'enfoncement relatif du niveau de base en Guyane Française a été perçu par tous les pédologues qui ont effectué des travaux cartographiques sur la bordure septentrionale du bouclier. A ce fait était lié le "rajeunissement" actuel des sols sous l'impulsion d'une reprise d'érosion. Mais c'est à CHOUBERT, 1949-1957 que l'on doit l'idée d'une résultante largement positive des mouvements épirogéniques liés au réajustement isostatique. La masse incalculable de sédiments alluviaux charriés par les grands fleuves et déposés sous l'action combinée du courant et du vent en bordure du bouclier entraîne un affaissement par subsidence avec pour corollaire un mouvement de bascule et de relèvement du socle. C'est principalement dans la partie NO du département que cet enfoncement par subsidence semble avoir joué ; il aurait provoqué une transgression non encore signalée pour les côtes de Guyane et que les résultats de datation au C14 ont révélé pour des échantillons de matière organique enfouie sous des dépôts argileux marins et fluviomarins en différents points de la plaine côtière guyanaise (BLANCANEUX et SIEFFERMAN, 1975). Ces résultats obtenus au laboratoire des faibles radio-activités de Gif sur Yvette (Mme DELIBRIAS) témoignent de l'existence d'une telle transgression marine il y a 4 000 ans B.P environ.

Ces mouvements tectoniques qui sont susceptibles de modifier d'une manière radicale la pédogénèse en induisant des transformations (morphodynamiques) internes du sol, sont des mouvements relativement lents qui n'entraînent pas une destruction totale et rapide des couvertures pédologiques (BOULET, 1978).

1.5 - COMPARAISON AVEC D'AUTRES REGIONS

Les cartographies pédologiques réalisées postérieurement à celle du bassin versant de Grégoire (BLANCANEUX, 1971) par FRITSCH E., 1979, BOULET, 1981, et les études hydrologiques postérieures à celles publiées par HOEPFFNER, 1974, par HUMBEL, 1978, FRITSCH J.M., 1981, GUEHL, 1981, ROCHE, 1982, réalisées dans le cadre d'opération ECEREX ou d'études particulières ont fourni des données supplémentaires sur les organisations macrostructurales des couvertures de sols de la région du bassin du Sinnamary et sur leur comportement hydrologique. Il a été confirmé que des variations macrostructurales (disparition ou apparition d'horizons) étaient associées à une modification des écoulements gravitaires de l'eau (passage d'un drainage vertical plus ou moins libre aux différents stades d'écoulements superficiels ou latéraux).

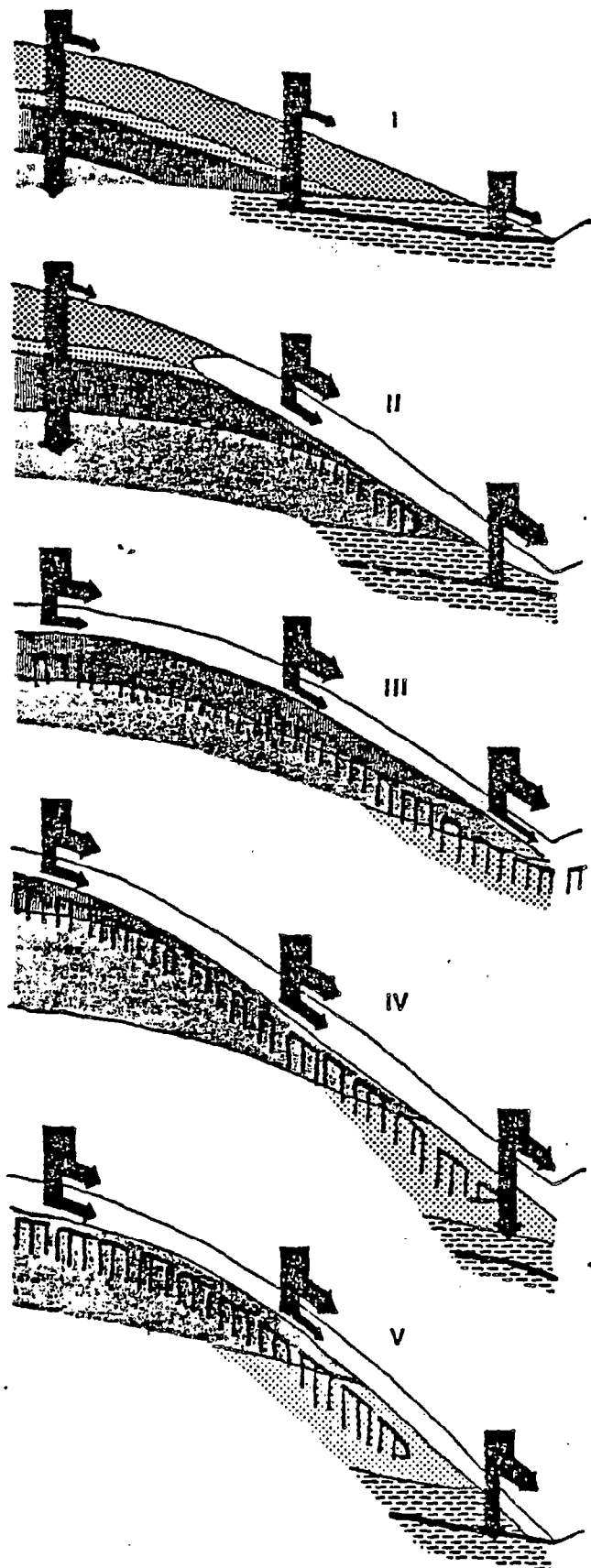











FIG.110. REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DE L'ORGANISATION GÉNÉRALE ET DES FLUX HYDRIQUES DANS CINQ CATÉGORIES DE TOPOSÉQUENCES SUR SCHISTES (BOULET, 1981)

-  HORIZON POREUX À MICRO-AGRÉGATS
-  HORIZON DE TRANSITION
-  HORIZON ROUGE ARGILEUX COMPACT
-  ALTÉRITE ROUGE À SÉRICITE
-  ALTÉRITE RÉTICULÉE À SÉRICITE
-  ALTÉRITE BLANCHE À SÉRICITE
-  HORIZON JAUNE A DYNAMIQUE DE L'EAU LATÉRALE
-  MATÉRIAU SEC AU TOUCHER
-  TOIT DE LA NAPPE PHRÉATIQUE
-  FLUX HYDRIQUES

BOULET, 1981, inventorie ainsi cinq catégories de toposéquences (figure n°110) qui tiennent compte des variations d'assemblage des horizons qui les constituent et des flux hydriques qui les caractérisent. Ces toposéquences définies à différents emplacements dans le paysage schisteux de la région, se succèderaient dans le temps dans l'ordre de leur présentation. On passerait successivement de la catégorie I à la catégorie V par enfoncement de la surface topographique dans la séquence verticale des horizons affectant successivement : l'horizon poreux à micro-agrégats, l'horizon de transition, l'horizon rouge argileux compact, puis les trois niveaux d'altérite reconnus.

La séquence I est celle qui est généralement reconnue dans les épaisses couvertures d'altération ferrallitique en Afrique. Elle est également reconnue en Guyane Française, particulièrement sur les matériaux dérivant des roches basiques ou sur le complexe volcano-sédimentaire du socle (BLANCANEUX, 1974). Les sols qui dérivent de ces matériaux sont nettement mieux structurés, plus profonds, rouges et supportent une végétation plus haute qui se rapproche des grandes forêts Africaines (Grande Forêt des Guyanais). La catégorie I caractériserait ainsi pour BOULET une couverture dite "initiale" dont les autres dériveraient par transformations successives. Pour BOULET, 1977, ces transformations internes des couvertures pédologiques seraient bien dues à l'abaissement du niveau de base local en relation avec la surrection du socle. Ces transformations internes s'accompagneraient d'une modification de la dynamique de l'eau.

La toposéquence étudiée par FRITSCH, 1984, sur schiste correspondrait à la catégorie V, soit au stade ultime de l'évolution de la couverture ferrallitique de départ présentée par BOULET, 1981.

En se référant au schéma général d'évolution (figure n°110), aux systèmes de fonctionnement mixtes sur migmatites reconnus par BOULET, BRUGIERE et HUMBEL, 1979 et en comparant certains traits morphostructuraux et minéralogiques révélateurs du fonctionnement hydrodynamique de nos deux couvertures pédologiques par rapport à celle de FRITSCH E., 1984 (modélé, pentes, chablis, nappe perchée, traces d'érosion, filons, présence, nature et taille des minéraux altérables, nature et couleur des altérites (rouge, blanche kaolinique), on en déduit que la couverture pédologique I (colline I) correspondrait à la catégorie II du schéma général tandis que la colline II correspondrait à la catégorie IV. Il y a bien péjoration du drainage vertical prédominant à l'amont de la couverture I au profit d'un drainage latéral généralisé à l'ensemble du versant de la colline II. D'après les stades d'évolution proposés par BOULET, notre couverture I se caractérise bien par un drainage vertical prédominant au sommet puis par l'établissement de circulations latérales dans le versant (catégorie II) ; dans la couverture II on assiste bien à une dynamique latérale de l'eau généralisée à l'ensemble du versant (bloquée au sommet) mis à part le bas fond où une infiltration de l'eau est possible au moins jusqu'à la nappe phréatique.

2 - LA DYNAMIQUE ACTUELLE DE L'EAU DANS LES SOLS DE GREGOIRE : MISE EN EVIDENCE DE QUATRE TYPES DE COMPORTEMENT HYDRIQUES PONCTUELS

2.1 - CARACTERIQUES GENERALES DES ECOULEMENTS SOUS FORTE PLUVIOMETRIE A GREGOIRE

Il pleut annuellement en moyenne 3 600 mm sur le bassin versant de

Grégoire (période 1968-1975). L'évapotranspiration réelle annuelle serait de l'ordre de 1 500 mm. Il reste donc à évacuer approximativement 2 000 mm d'eau en environ 8 mois si on considère 4 mois de "saison sèche".

Ces simples données amènent à supposer l'existence d'un réseau poral adapté, suffisant à l'évacuation de cette eau. Toute péjoration de ce réseau poral provoquera un ralentissement du drainage vertical pouvant aller jusqu'à un engorgement, même temporaire, et conduire à l'établissement de flux gravitaires latéraux.

2.2 - SOLS A DYNAMIQUE VERTICALE PROFONDE

Ces sols caractérisent certains sommets arrondis de collines en demi-orange ; ils sont représentés par le profil BGF 5 du sommet de la toposéquence I.

La caractérisation hydrique saisonnière établie à partir de profils hydriques réalisés mensuellement (sur deux ans) et la comparaison des teneurs en eau au pF 4,2 et à la porosité totale (des mottes) donc sous estimée, montre que même en saison des pluies, dans ce type de sol et au moins jusqu'à 5 mètres de profondeur, bien que l'on reste proche de la capacité au champ, *la saturation n'est jamais atteinte*, ce qui permet un drainage vertical qui dépend de la géométrie des pores restant en air (largeur des pores et inter connexions). La dynamique de l'eau dans ces sols du sommet est donc essentiellement verticale et profonde, mis à part le ruissellement de surface qui dépend davantage de la réorganisation pelliculaire superficielle qui favorise des états de saturation temporaires.

Des types de sols à comportements hydrodynamiques analogues ont été décrits par HUMBEL, 1978 sur gneiss migmatitique. Dans ces sols, la porosité totale est relativement élevée et la variation saisonnière d'humidité se fait sentir à plus de deux mètres de profondeur. L'aération du sol reste donc importante, même en saison des pluies. Le pF 4,2 étant bien inférieur à la teneur totale en eau, les plantes disposent d'une réserve notable d'eau utile. La texture est relativement équilibrée avec une faible proportion de limons et de refus. *Ces sols ne présentent pas de variations verticales brusques* ; ils sont en résumé caractérisés par un bon équilibre air/eau et donc le siège d'une *dynamique verticale et profonde*.

2.3 - SOLS A DYNAMIQUE VERTICALE "BLOQUEE"

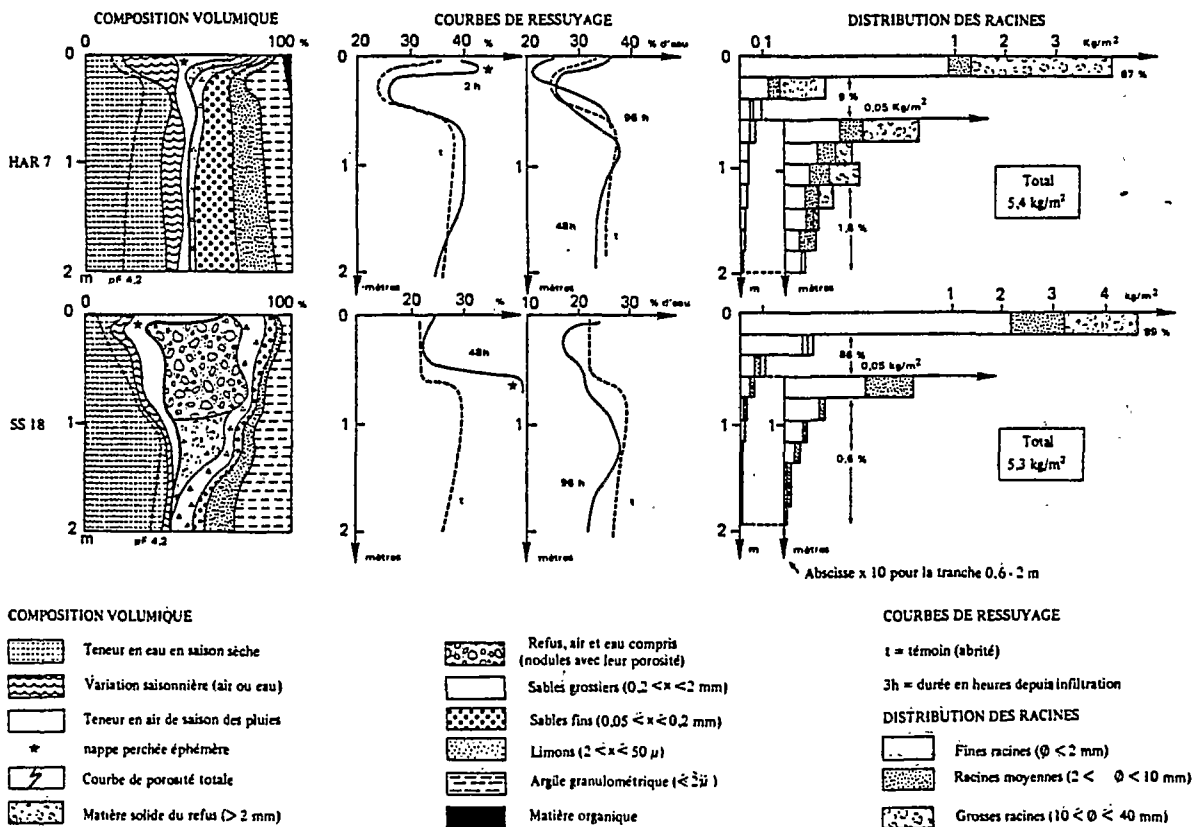
Ces sols caractérisent certains replats sommitaux, également de collines en demi-orange, mais à versants dissymétriques et plus pentus que dans le cas précédent.

La surface du sol est creusée de cuvettes (Djoungoung-Pété) plus ou moins rapprochées, profondes de quelques décimètres, où l'eau de pluie stagne plusieurs jours après les averses. Des nodules ferrugineux forment un horizon peu épais (BGF 1) d'une vingtaine de centimètres dans les trois premiers décimètres supérieurs. Une nappe perchée temporaire s'établit, pendant et un peu après les averses, vers 5-15 cm de profondeur. Elle occupe en fait des volumes anastomosés par lesquels elle *s'écoule latéralement dans les versants*. L'horizon qui sert de magasin à cette nappe est jaune vif (35-85 cm). *Au-dessous en contact très brutal*, apparaît un horizon rouge (2,5YR4/8) légèrement frais au toucher, surmontant lui-même un matériau rouge "sec au toucher" quelque soit la saison, imperméable, sablo-argilo-limoneux, englobant des lithoreliques plus ou moins ferruginisées.

Ce profil se caractérise donc par une *dynamique de l'eau essentiellement superficielle*.

La caractérisation hydrique saisonnière dans ces types de sols également reconnus par BOULET, 1978, HUMBEL, 1978 (figure n°111), FRITSCH, 1984, rend compte dans l'horizon rouge à lithoreliques, d'une aération fortement réduite ; la variation saisonnière d'humidité est faible à très faible et la teneur en eau au pF 4,2 est élevée de sorte qu'il y a peu d'eau utile disponible pour les plantes. Cet horizon rouge est nettement moins poreux que dans les sols à drainage vertical profond à la même profondeur ; il est donc à la fois mal aéré et physiologiquement sec tout au long de l'année (HUMBEL, 1978). En effet, bien que sa teneur en eau soit plus élevée que celle de la partie supérieure du sol, cette eau est trop fortement retenue dans des pores très fins ; "il y a concordance entre l'appréciation tactile de terrain et la sécheresse pour les plantes" (HUMBEL, 1978). Au niveau de cet horizon rouge, il y a donc un obstacle au drainage vertical, et l'apport d'eau au sol non repris par l'évapotranspiration, devra être évacué latéralement.

Fig. 111.- CARACTERISTIQUES DES DEUX SOLS A DYNAMIQUE DE L'EAU SUPERFICIELLE d'après Humbel, 1978



2.4 - SOLS A RUISSELLEMENT ET A ECOULEMENT LATERAL SUBSUPERFICIEL ET INTERNE (VERSANT)

Dans la colline II à cuvettes sur replat sommital, le plancher de

la nappe temporaire perchée se maintient en saison des pluies à la base de l'horizon nodulaire, dans l'horizon B2 jaune vif à faible aération et à porosité réduite. Les horizons A et B gravillonnaires *des sols du versant* sont le siège d'écoulements latéraux qui sont particulièrement observés lors des grandes saisons pluvieuses. A mi pente de la toposéquence IV (BGF 13) l'eau gicle obliquement et par la face amont de la fosse pédologique, dans les horizons humifères et gravillonnaires à forte porosité tubulaire ainsi que par les galeries d'activité biologique. Cette *dynamique latérale subsuperficielle* est généralisée à l'ensemble du versant dans la toposéquence IV ; les horizons sous-jacents rouges demeurant secs au toucher même lors des saisons pluvieuses.

Dans la colline I, il y a modification du comportement hydrodynamique des sols latéralement dans la séquence ; on passe d'un drainage vertical profond qui caractérise les sols du sommet (BGF 5) à un drainage latéral d'abord superficiel et subsuperficiel (BGF 6 et BGF 7), puis interne au niveau des horizons argileux du bas de versant (BGF 8 et BGF 0). En effet les profils hydriques ont révélé que la variation saisonnière est très faible dans les horizons argileux médians, mais qu'elle est nette au-dessus. Si l'humidité des horizons sous-jacents se situe dans la zone de capacité au champ, *au-dessus des horizons argileux* et dans les horizons supérieurs, la saturation en eau est atteinte en périodes pluvieuses ; un *écoulement latéral interne* est observé au sommet de ces horizons argileux.

2.5 - SOLS PERMEABLES MAIS A NAPPE PEU PROFONDE ET OSCILLANTE (BAS FOND)

La cartographie pédologique du bassin versant de Grégoire indique que les sols des bas fonds sont régulièrement caractérisés par une texture sableuse qui, bien que variable suivant l'hétérogénéité des matériaux, restent relativement filtrants. Ces sols se développent d'autre part sur des pentes faibles à nulles (0-2%). Suivant leur localisation par rapport aux axes de drainage, ces sols sont périodiquement inondés par jonction des flux hydriques superficiels et profonds (nappe) ; mais *cette inondation disparaît dès l'amorce des décrues*. Ceci est l'indice d'un drainage vertical au moins jusqu'à la nappe phréatique qui oscille en fonction des saisons. Le niveau de cette nappe se situe autour de 70 cm de profondeur lors des saisons pluvieuses.

2.6 - RELATIONS ENTRE LES QUATRE TYPES DE COMPORTEMENT HYDRIQUE

La figure n°112 montre l'organisation schématique des distributions de quatre types de comportements hydriques reconnus sur les deux couvertures pédologiques.

Dans la colline I, trois types de comportements hydriques ponctuels sont mis en évidence : un drainage vertical profond (1) au sommet, un drainage latéral superficiel, subsuperficiel puis interne (2) dans le versant ; la caractérisation hydrique des profils répartis dans le versant montre qu'à cette dynamique latérale est associée un flux vertical (+v). En bas de versant, un flux vertical jusqu'au toit de la nappe phréatique oscillante (3).

Au total, la combinaison de ces divers flux hydriques dans la couverture I a une résultante verticale largement dominante. La *dynamique hy-*

drique globale de cette couverture sera donc à *prédominance verticale*.

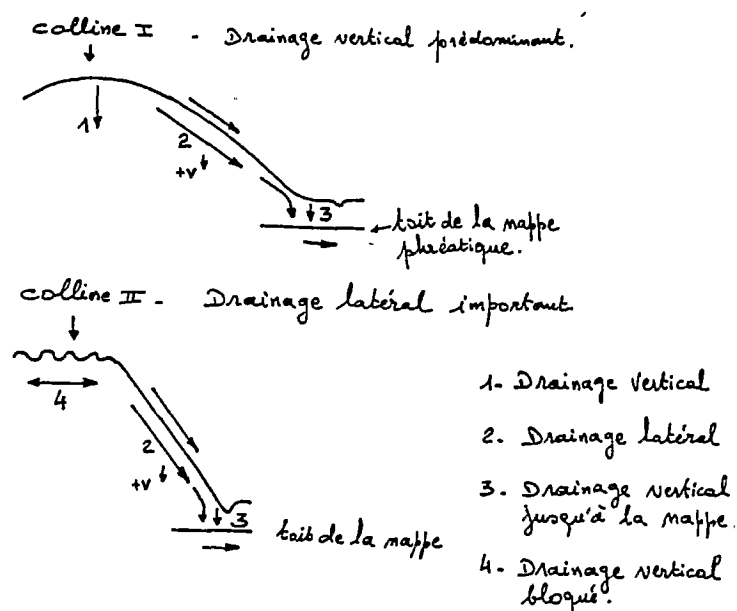


Fig. 112 - Représentation schématique des distributions de quatre type de comportement hydriques sur deux couvertures pédologiques à Grégoire.

Dans la colline II, trois flux hydriques majeurs sont dissociés : un drainage "bloqué" (4) sur le replat sommital, un écoulement latéral superficiel et/ou subsuperficiel généralisé à l'ensemble du versant (2) ; dans ce cas, cet écoulement est accompagné d'une infiltration verticale de l'eau nettement moins importante (observations de terrain et caractérisation hydrique saisonnière) que dans le cas précédent. Dans le bas de versant, un écoulement vertical au moins jusqu'au toit de la nappe.

Ces trois flux gravitaires se combinent en une dynamique globale à résultante latérale importante à l'échelle du versant.

Les données obtenues dans notre essai de modélisation vont dans le sens de ces observations. Dans le cas de la colline I caractérisée par un drainage vertical prédominant, $V = 80\%$ environ, tandis que dans le cas des sols à dynamique verticale ralentie et à flux latéraux et hypodermiques importants, $R = 35\%$ d'où $V = 65\%$; dans les deux cas toutefois d'après cet essai, la composante verticale globale des flux restant importante. D'autre part, d'après ce même modèle $V > 1 - R$ ce qui signifie que ce drainage vertical reste important sur les collines et faible dans les bas fonds, vraisemblablement limité par la remontée de la nappe.

2.7 - COMPARAISON AVEC D'AUTRES REGIONS

Les différences de comportements hydriques à l'échelle des versants, d'une colline à l'autre, sur de faibles distances ont été également observées sur des matériaux géologiques différents. Dans le cadre de l'opération ECEREX menée près de Grégoire mais sur schistes, ROCHE, 1980, FRITSCH J.M., 1979, 1983, montrent selon les bassins étudiés, une forte dispersion spatiale des valeurs obtenues pour les écoulements qui indique des conditions de drainage

très différentes selon les sites, mais en accord avec les caractéristiques hydrodynamiques des sols. Des bassins où le drainage vertical est le plus "libre" à ceux où il est le plus ralenti, le ruissellement augmente dans le rapport 6 alors que la capacité de rétention diminue dans le rapport 1,3 et le débit des nappes dans le rapport 2.

3 - CIRCULATIONS SUPERFICIELLES ET ENTRAINEMENT DE MATIERES

3.1 - DONNEES HYDROMETRIQUES GLOBALES DU BASSIN VERSANT

Les données hydrométriques globales des bassins versants 1 et 3 de Grégoire sont les suivantes (section hydrologique de l'ORSTOM, in HOEPFFNER, 1974).

La pluviométrie moyenne (période 1968-1975) est de 3 670 mm ; 1974 (3 270 mm) et 1975 (3 280 mm) sont donc deux années de pluviosité déficitaire. En ce qui concerne les écoulements, pour le BV 1, le déficit d'écoulement (De) est de 1 490 mm soit environ 40% (moyenne 1969-1972), l'évapotranspiration réelle étant égale à 1 470 mm assurant 40% des pertes approximativement. L'écoulement global mesuré est de l'ordre de 59% ; il se partage en un ruissellement moyen de l'ordre de 20% et un écoulement de base y compris les pertes d'eau évacuées par les nappes, de l'ordre de 40%.

Pour le bassin 3, les valeurs du coefficient d'écoulement global annuel sont particulièrement élevées, de l'ordre de 90%. HOEPFFNER, explique cette anomalie par l'existence d'apports souterrains provenant des bassins 1 et 2 qui remonteraient à l'air libre au niveau de l'affleurement rocheux sur lequel est installé la station 3. Pour appréhender la signification des comparaisons entre les bassins il apparaît nécessaire de considérer, outre les notions d'écoulement de base (Hb), d'évacuations souterraines (Hs) et de variations de stock d'humidité (R), celle de *l'enfoncement du thalweg dans la couverture pédologique consécutif au jeu de l'érosion et de la pédogénèse*. ROCHE, 1980, considère que la position de la station hydrométrique, plus ou moins en aval dans le bassin versant est un facteur déterminant des quantités d'eau souterraines récupérées pour l'écoulement de base. En effet, tout en tête du bassin, seuls les horizons superficiels sont drainés par le thalweg peu marqué ; *l'essentiel des eaux infiltrées continue une circulation souterraine*. Par contre, en aval, l'encaissement du thalweg permet de drainer un ensemble d'horizons plus épais ; l'écoulement de base devient important ; à la limite, comme à la station 3 de Grégoire, le thalweg atteint un seuil inaltéré et la totalité du drainage souterrain (Hs) devient nul au profit de l'écoulement de base (Hb) qui comprend la totalité des circulations souterraines.

En ce qui concerne *l'érosion*, les hydrologues considèrent que *l'exportation des matières en suspension est prépondérante dans l'érosion totale* (environ 60%) ; l'exportation des sédiments par charriage de l'ordre de 40%. L'érosion mécanique totale sous forêt serait de l'ordre de 0,55 T/Ha/an, à Grégoire. Cette valeur particulièrement faible compte tenu des conditions locales, rend compte de la protection assurée par le réseau de racines, la litière et la voûte forestière. Il convient également de signaler que l'essentiel de l'exportation annuelle est réalisée lors de quelques dizaines de crues.

3.2 - DONNEES OBTENUES EN CASE ERLO (BAS DE VERSANT DE LA COUVERTURE I)

Le bilan hydrique annuel global moyen pour la période 1974-1975 de la parcelle ERLO de Grégoire est le suivant : pour une pluviométrie moyenne de 3 100 mm (en tenant compte du début du fonctionnement de la case), l'E.T.P. (moyenne 1969-1974 calculée qui est assimilée à l'E.T.R., les pluies étant toujours supérieures à l'E.T.P.) atteint 1 250 mm soit 40% environ du bilan annuel ; le ruissellement, 534 mm soit 17,2%, le drainage oblique mesuré (22,5 mm) inférieur à 1% ; le drainage vertical assurant l'écoulement global à l'exutoire du bassin au niveau de la nappe phréatique serait de l'ordre de 43%.

En ce qui concerne l'érosion, les valeurs obtenues dans la case ERLO varient d'une année à l'autre (tableau n°48). L'érosion mécanique totale (sédiments + charriage) sous forêt ramenée à l'hectare a été de 430 Kg/Ha en 1974 et de 333 Kg/Ha en 1975. Il semblerait que l'on aille vers une stabilisation du dispositif d'une année à l'autre. L'érosion totale moyenne (382 Kg/Ha/an) serait donc de l'ordre de 0,4 T/Ha/an. De cette érosion globale, environ 310 Kg/Ha/an soit 81% sont exportés sous forme de suspension. L'érosion chimique est bien largement prépondérante dans l'exportation des éléments.

L'érosion même en quantité faible comme c'est le cas à Grégoire a une part importante dans la mobilisation de l'aluminium et du fer, et un rôle encore plus considérable dans les pertes en matière organique totale. Pour huit éléments considérés (tableau n°56), les pertes par ruissellement sont trente fois plus élevées que pour les eaux de drainage oblique. Le ruissellement qui est lié à l'intensité des pluies et aux conditions de saturation préalables du sol, apparaît bien comme un facteur prépondérant de la pédogénèse du milieu ; on remarque bien que l'essentiel de l'exportation annuelle des éléments est réalisé lors de quelques écoulements exceptionnels qui se sont produits au cours des deux années de mesures.

3.3 - CONFRONTATION ENTRE LES DONNEES GLOBALES ET PONCTUELLES - INTERET ET LIMITES DES DISPOSITIFS DE MESURES ETUDIEES

On observe d'une façon générale une bonne concordance entre les résultats obtenus dans la case ERLO à l'échelle d'une parcelle de 150 m² et ceux qui ont été mesurés sur le bassin versant 1 (8,4 km²). Ces résultats sont schématiquement représentés dans la figure n°113.

Par contre les valeurs anormalement élevées du coefficient global d'écoulement sur le BV 3 indiquent un comportement hydrodynamique très différent des sols de ce microbassin ou une anomalie due à la résurgence d'eaux souterraines à la station de mesure.

Il se trouve que la case ERLO est située en bas de versant d'une couverture pédologique caractérisée par une très forte variation latérale ; elle est située au-dessus d'horizons argileux à la limite supérieure desquels des états de saturation se produisent qui engendrent des écoulements latéraux subsuperficiels et/ou internes dans les horizons supérieurs. Les résultats obtenus dans cette case à ce niveau précis de la toposéquence ne seraient très vraisemblablement pas ceux qui auraient été obtenus dans cette même case placée à un niveau différent sur le même versant.

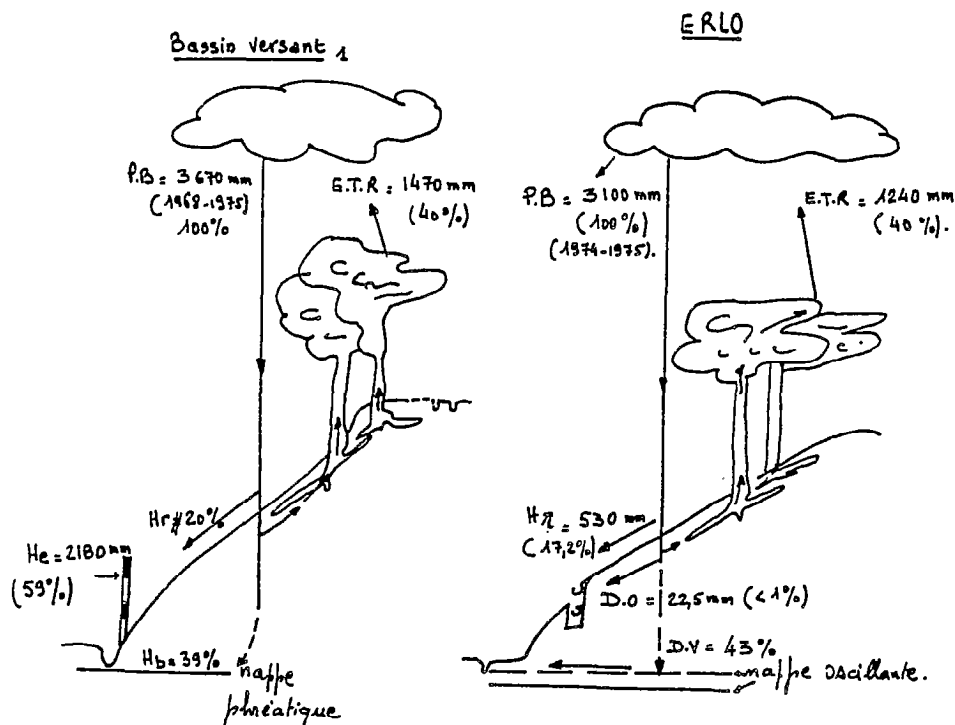


Fig. 113 - Bilan hydrologique comparé - B.V. et case ERLO de Grégoire.

P.B. : pluie brute sur la forêt. E.T.R. : évapotranspiration réelle. H.R. : ruissellement.
D.O. : drainage oblique. D.V. : drainage vertical. H.e. : écoulement
global. H.b. : écoulement de base.

Les résultats ponctuels obtenus ici caractérisent donc un type d'unité hydrodynamique qui correspond à une couverture pédologique particulière, à forte différenciation latérale. Il se trouve par hasard que les résultats globaux enregistrés à l'échelle du BV 1 coïncident avec ceux de la parcelle. Les résultats bien différents obtenus pour les écoulements sur le bassin 3 montrent clairement que le choix de l'emplacement des stations hydrométriques dans les bassins est au moins aussi important que peut l'être celui de la case ERLO à l'échelle du versant. Ces emplacements qui permettront de caractériser des fonctionnements hydrodynamiques ponctuels (versant) devraient faire l'objet, avant toute mise en place, de détermination par des études préalables systématiques des couvertures pédologiques présentes dans le bassin étudié.

En résumé, les données obtenues dans notre case ERLO sont des informations ponctuelles à l'échelle du versant et même d'une portion de versant sur une couverture pédologique d'un type particulier (à forte différenciation latérale) et ne caractérise donc que ce type d'unité hydrodynamique. Les résultats obtenus à l'échelle du bassin sont eux-mêmes fonction de l'emplacement de la station hydrométrique dans des thalwegs plus ou moins enfoncés dans la (les) couverture(s) pédologique(s) qui sont le résultat du jeu combiné de l'érosion et de la pédogénèse actuelles.

La simple comparaison de ces résultats indique, pour de tels types de couvertures aussi différenciées, les risques qu'il y auraient à vouloir généraliser les résultats ponctuels d'une case ERLO à l'échelle d'un bassin versant.

3.4 - COMPARAISON AVEC LES RESULTATS OBTENUS DANS D'AUTRES REGIONS

En Guyane Francaise

Dans le cadre de l'opération ECEREX (ECologie, ERosion, EXploitation) menée sur le bassin du Sinnamary sur schistes, l'hydrologie superficielle et souterraine ainsi que l'érosion de l'écosystème forestier guyanais ont été étudiées par l'analyse et l'évaluation des différentes phases du cycle de l'eau et des exportations de matières solides et en solution. Un dispositif de dix bassins versants a été équipé, les caractéristiques hydrodynamiques des sols (qui vont depuis un drainage vertical libre jusqu'à un drainage plus ou moins ralenti) ayant présidé au choix des bassins de façon à assurer la représentativité régionale de ces derniers.

Selon les bassins, les résultats hydrométriques ont été les suivants (ROCHE, 1980). Pour une pluviométrie de 3 100 à 3 500 mm par an, le déficit d'écoulement varie de 56 à 90%, l'E.T.R. assurant 43 à 47% des pertes ; l'écoulement global de 10 à 44% se partage entre le ruissellement compris entre 4 et 26% et un écoulement de base variant de 6 à 18%. Les quantités d'eau évacuées hors des bassins par les nappes étant évaluées entre 9 et 16%. Ainsi, la forte dispersion spatiale de ces valeurs confirment-elles les conditions de drainage fort différentes d'un bassin à l'autre. Des bassins à drainage "libre" prédominant ont pu être distingués de bassins à drainage "mixte" et de bassins à drainage (vertical) plus ou moins ralenti.

A titre de comparaison, nous présentons les bilans hydrologiques de deux types de bassins versants expérimentaux aux comportements hydrologiques très différents suivant qu'il s'agisse du bassin C (drainage vertical libre) aux bassins F, G, H, à drainage plus ou moins ralenti (ROCHE, 1980).

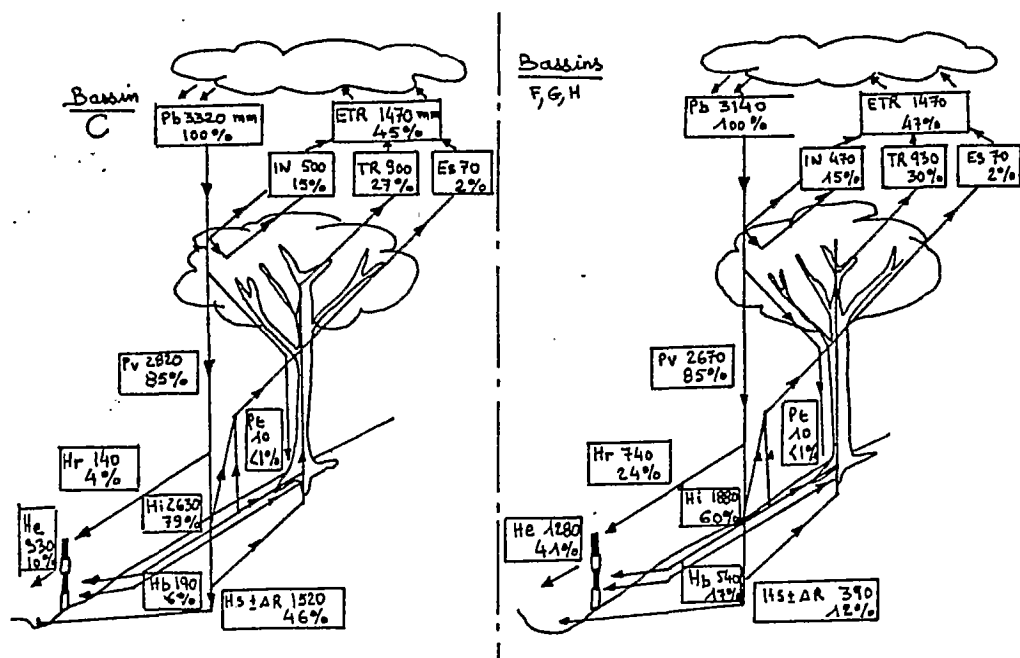


Fig. 114. Bilan hydrologique de bassins versants expérimentaux. ECEREX.
Pb : pluie brute sur la forêt. IN : interception par la voûte forestière.
TR : transpiration à partir de l'eau des sols. ES : évaporation des sols.
ETR : évapotranspiration. Pv : pluie à travers la route.
Pe : écoulement le long des troncs. Hr : ruissellement. Hi : écoulement en contact prolongé avec le sol. Hb : écoulement de base.
He : écoulement. Hs : pertes souterraines. R : variation des réserves hydriques. (d'après R.A. ROCHE, 1980).

Les résultats enregistrés à Grégoire, tant au niveau global du Bassin qu'à celui de la parcelle rentrent bien dans la catégorie des bassins à drainage vertical fortement ralenti.

Dans ces mêmes bassins ECEREX, l'érosion mécanique sous forêt est comprise entre 0,2 et 1,0 T/Ha/an selon les bassins ; les matières en suspension représentant 17 à 77% de cette exportation. L'érosion chimique est de l'ordre de 0,5 T/Ha/an.

En Afrique

Les résultats obtenus par ROOSE, 1980, dans différentes stations qui vont depuis la zone forestière subéquatoriale à deux saisons des pluies jusqu'à la zone tropicale des savanes présahariennes au climat contrasté soit pour des pluviométries comprises entre 2 100 mm et 800 mm (stations d'Adiopodoumé, Azaguié, Divo, Bouaké, Korhogo, Saria), montrent que le ruissellement est faible (0,1 à 2,5%) sous forêt naturelle, qu'il peut atteindre 8% sous savane herbacée mais qu'il peut dépasser 40% si le sol est mal protégé par la culture. Si le drainage oblique est présent dans toutes les stations, il l'est en quantité négligeable et a été confondu avec le drainage vertical dans le bilan hydrique global. Le drainage vertical (plus de 40%) est donc bien pour ROOSE, le phénomène majeur en zone forestière équatoriale et dans les savanes soudaniennes où il atteint encore 20 à 35% du bilan.

En ce qui concerne l'érosion mécanique, elle est relativement faible sous forêt (0,1 à 0,45 T/Ha/an) mais elle peut dépasser 570 T/Ha/an sur un sol nu comme à Adiopodoumé (ROOSE, 1980).

En conclusion, compte tenu des différences très considérables d'eau qui circulent sur les sols de Grégoire, nos résultats indiquent nettement la très faible érosion mécanique sous forêt naturelle en Guyane, inférieure à 0,5 T/Ha/an sur des couvertures pédologiques caractérisées par un drainage vertical ralenti au profit de forts écoulements superficiels (ruissellement) ou subsuperficiels (ruissellement hypodermique et drainage oblique).

4 - RELATIONS GENERALES ENTRE L'ORGANISATION DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES ET LE COMPORTEMENT A DIFFERENTES ECHELLES DE MESURES

Les deux types de couvertures pédologiques étudiées sont développées sur deux collines spatialement voisines et en filiation évolutive très probable. Hormis le ruissellement superficiel généralisé à l'ensemble de ces couvertures, quatre comportements hydriques ponctuels (figure n°112) ont été reconnus qui sont :

- 1 - Un drainage vertical libre (sommet de la toposéquence I).
- 2 - Un drainage latéral superficiel (sur les versants ; généralisé dans le cas de la colline II).
- 3 - Un drainage vertical jusqu'à la nappe oscillante.
- 4 - Un drainage vertical bloqué au sommet (cas de la colline II).

Ces quatre situations se combinent entre elles avec toujours le comportement (3) en aval des séquences, le comportement (2) dans les versants et les comportements (1) et (4) au sommet des séquences.

Le bilan hydrologique global (résultats de la case ERL0 ou du bassin versant) donnent approximativement 40% d'infiltration verticale dans les couvertures pédologiques et 17% de ruissellement (20% environ si l'on tient compte du drainage oblique qui est en fait un ruissellement hypodermique) et la variation du stock d'eau limitée aux horizons supérieurs du solum sont des données qui montrent que *la dynamique actuelle de ces sols est en accord avec la différenciation pédologique*. En effet :

Dans la colline I (couverture pédologique I), *au sommet*, le sol est plus aéré, la variation saisonnière du stock hydrique est relativement faible, la dynamique de l'eau essentiellement verticale et profonde ; ces caractéristiques tendent à permettre le maintien en équilibre dynamique de l'horizon jaune pédoturbé et rouge oxique sous-jacent. Toutefois l'examen micromorphologique a révélé l'existence de plages de décoloration du fond matriciel rouge, même dans les sols du sommet. Dans *le versant*, l'établissement de circulations latérales superficielles puis subsuperficielles au fur et à mesure de l'accentuation des contrastes structuraux liés à la présence d'horizons argileux de plus en plus accusés vers l'aval, détermine des conditions alternativement de saturation et d'aération en fonction des saisons. Ces variations saisonnières d'humectation et de dessiccation tendent à la dégradation (dissolution) des plasmas (plasmolysation). Plus bas, *dans le versant*, le maintien des conditions de saturation presque permanente au niveau des horizons argileux est conforme à la présence d'horizons tachetés plus ou moins blanchis. Dans *le bas de versant*, les eaux de ruissellement superficiel et de drainage latéral subsuperficiel (ruissellement hypodermique et drainage oblique) arrivent jusqu'à la nappe phréatique dont le toit coïncide avec la présence d'un horizon blanchâtre kaolinique.

Dans la colline II (couverture pédologique II), le sol du *sommet* est caractérisé par un drainage vertical bloqué et le plancher de la nappe perchée en saison des pluies est situé à la base de l'horizon concrétionné (vers 40 cm de profondeur) qui surmonte un horizon jaune vif, mal structuré, peu épais au-dessous duquel se trouve l'horizon rouge "sec au toucher" et très compact. Les caractéristiques hydriques saisonnières rendent compte de la saturation à la limite supérieure de cet horizon, ce qui provoque en saison des pluies le débordement latéral de la nappe phréatique perchée dans le versant. Le drainage vertical est donc ralenti d'abord au niveau de l'horizon concrétionné, puis "bloqué" à la limite rouge/jaune en relation avec la faible aération et la très faible infiltration déterminée par la porosité tubulaire. La variation saisonnière du pédoclimat est contrastée dans ces horizons supérieurs où président alternativement des conditions de dessiccation et de saturation. *Ces conditions hydrodynamiques sont en accord avec les transformations mises en évidence par l'étude minéralogique et structurale*. Il y a à ce niveau dissolution du plasma à kaolinite et à goethite alumineuse, ce qui conduit à la cortification des glebules dans les horizons les mieux aérés (B₂gr), tandis que plus en profondeur, là où les conditions de saturation sont presque permanentes toute l'année, il y a déferruginisation partielle, comme elle se produit dans le bas de versant de la couverture I. Des travaux plus récents (FRITSCH E., 1984) montrent qu'à ce niveau, les conditions sont favorables à la néoformation de kaolinite.

Ainsi, dans les deux couvertures pédologiques étudiées, assiste-t-on à la dégradation des plasmas là où les comportements hydriques des sols sont caractérisés par les alternances répétées des périodes de dessiccations et de saturations.

Au sommet et à l'amont des collines il y a soit entraînement des éléments dissous (et/ou recristallisation à différents niveaux) en profondeur en relation avec une infiltration verticale et profonde de l'eau prépondérante (colline I), soit exportation latérale lors des débordements de la nappe phréatique perchée dans les versants. Vers l'aval, les éléments dissous, surtout là où joue le battement de la nappe phréatique, sont entraînés latéralement, rejoignent les eaux de la crique et sont exportés du paysage.

Ces mécanismes conduisent à une *érosion chimique très active* qui se traduit par un enfoncement du modelé dans les couvertures de sols. Cet enfoncement se fait, à la fois à partir du sommet des collines (cas de la colline II) et du bas de versant (cas des collines I et II). Ces différents processus étant en relation avec la réincision des thalwegs à l'aval des versants et à l'abaissement du toit de la nappe phréatique consécutif au réajustement isostasique.

Les résultats généraux sur l'érosion ont montré qu'elle est globalement faible sous forêt ; les traces laissées à la surface du sol ont révélé qu'elle est faible au sommet (érosion en nappe), très active et sélective sur les versants, également sélective dans le bas des versants où s'accumulent relativement les sables grossiers.

5 - RELATIONS ENTRE LES SYSTEMES PEDOLOGIQUES ET LA COUVERTURE FORESTIERE.

PROBLEMES DE MISE EN VALEUR ET DE CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE

5.1 - RELATIONS ENTRE LES SYSTEMES PEDOLOGIQUES ET LA COUVERTURE VEGETALE

Pour OLDEMAN, 1972, le stade ultime de la sylvigénèse, stratifié, ne peut pas être atteint sur les couvertures d'altération ferrallitique dominées, comme à Grégoire, par une dynamique latérale et superficielle de l'eau.

OLDEMAN, 1972, avait déjà noté les différences de hauteur de végétation sur différents types de matériaux géologiques en Guyane Française. C'est ainsi qu'il distingue trois types majeurs de forêts caractérisés par leur cycle de régénération forestière allant du plus lent (sols sur roches vertes) au plus rapide (sols sur granites et granito-gneiss) en passant par les roches schisteuses (cycle intermédiaire). Cet auteur notait toutefois une discontinuité au sein des mêmes formations géologiques et observait, quoique rarement, que certaines forêts aient pu atteindre un stade bien structuré sur les formations granitiques.

Dans le cas précis de la végétation des sols à dynamique latérale et superficielle de Grégoire, la forêt ne peut pas atteindre son stade de "vieille forêt bien stratifiée". Le blocage ou le fort ralentissement du drainage vertical à faible profondeur réduit la partie fonctionnelle du sol. Or, celle-ci reçoit un apport pluvial considérable, inégalement réparti par le ruissellement ou par l'écoulement latéral interne de la nappe perchée. Le pédoclimat se caractérise alors, selon les saisons et selon les endroits, soit par un excès d'eau libre, soit par une sécheresse insoupçonnée dans ces régions équatoriales. Le contraste entre les horizons est par ailleurs très fort.

Il en résulte donc une exploration racinaire limitée aux horizons supérieurs peu épais qui servent de magasin à la nappe perchée ou aux poches d'eau, ainsi que dans l'horizon plus compact ralentissant le drainage en subsurface. Il n'est qu'à noter la si grande fréquence d'arbres déracinés jonchant le sous-bois pour constater que l'ancrage des arbres est mauvais.

La nature pétrographique du matériau semble être un facteur favorable à l'établissement des phénomènes de différenciation induits par le déséquilibre actuel des couvertures ferrallitiques étudiées. C'est en effet sur granites, puis sur schistes que le cycle de régénération forestière paraît le plus rapide et que corrélativement la forêt est la plus médiocre. On pourrait presque dire que cette dernière "passe son temps à se reconstituer".

5.2 - PROBLEMES DE MISE EN VALEUR

Compte tenu de l'agressivité des conditions climatiques actuelles liées à un accroissement récent de la pluviosité comme l'ont signalé : Ab' SABER, 1968, BEARD, 1953, BROWN, 1977, CONCEICAO et al, 1974, DONSELAAR, 1965, EDEN, 1974, FAIRBRIDGE, 1964, GATES, 1976, HAFFER, 1969, LORIUS et al, 1977, PRANCE, 1973, ROSSIGNOL, 1970-1972, TRICART, 1974, VAN DER HAMMEN, 1972, VANZOLINI et al, 1968, ZONNEVELD, 1968,... le comportement hydrodynamique latéral et subsuperficiel aura des conséquences considérables au point de vue agronomique dans les sols.

Un certain nombre de facteurs conditionnant les possibilités agronomiques des sols caractérisés par un tel système hydrodynamique ont été distingués ; ce sont principalement, l'érosion, la perte en éléments chimiques, l'hydromorphie secondaire et la formation nodulaire. D'autre part, il est à noter que ces sols se trouvent généralement situés dans des conditions topographiques accidentées ce qui limite déjà au départ leurs possibilités d'utilisation. Enfin, de ces deux facteurs découlent toute une série de facteurs secondaires concernant les problèmes d'apports de fertilisants, de leur nature, de leurs formes et des fréquences des épandages.

En ce qui concerne l'érosion, si cette dernière reste relativement faible sous la forêt naturelle, elle n'en est pas moins extrêmement pernicieuse, puisque comme l'ont révélé les résultats de la case ERLO à l'échelle de la parcelle élémentaire et ceux des hydrologues à l'échelle du bassin versant, c'est essentiellement la fraction fine du sol qui est régulièrement enlevé. Si la moyenne pondérée annuelle des eaux de ruissellement en matière organique (9,1 mg/l) à Grégoire est plus faible en valeur absolue que celle des eaux de Divo par exemple (25 mg/l) en Afrique, les différences considérables d'eau circulant superficiellement conduisent à un appauvrissement global en matière organique plus important des horizons humifères. Cette diminution du stock organique qui joue naturellement sous les couvertures forestières intouchées augmente beaucoup plus quand cette dernière est enlevée (BRUGIERE, 1954). Cet enlèvement contribue à l'amincissement progressif de l'horizon supérieur du sol, la matière organique jouant le rôle prépondérant dans la structuration des horizons humifères. Or, ces horizons humifères sont ceux qui sont les mieux aérés, les plus poreux et les plus perméables ; il y a donc de ce fait diminution de la possibilité exploratoire des racines.

La perte en éléments chimiques dans les eaux de ruissellement est considérable en tenant compte des volumes écoulés. Par ordre d'importance les

éléments les plus exportés sont le sodium, le calcium, le potassium et le magnésium. Ces eaux ont d'autre part une acidité qui varie de 5,4 à 6,6 en fonction des saisons donc de leur charge en matière organique.

Dans les eaux de drainage oblique, les cations exportés sont par ordre d'importance, le sodium, le potassium, le calcium puis le magnésium. Les résultats ont montré que les concentrations varient sensiblement en fonction des saisons et que d'une façon générale elles diminuaient quand les volumes augmentaient. *Dans ces sols au pouvoir fertilisant déjà très bas, l'exportation répétée de ces éléments chimiques sous l'influence du drainage latéral aggrave le déficit minéral et diminue le potentiel de fertilité chimique de ces derniers particulièrement dans les horizons supérieurs colonisés par les racines et où ont lieu les plus forts écoulements (ruissellement hypodermique).*

Une autre conséquence agronomique directe dans ces sols est la présence à des degrés variables, d'une *hydromorphie secondaire* induite par la constitution des horizons B de "consistance". Les conditions d'hydromorphie même temporaire sont propices à l'établissement de phénomènes d'asphyxie racinaire et à leur sensibilisation aux maladies parasitaires et cryptogamiques. Il est assez fréquent, dans les niveaux supérieurs des horizons de consistance d'observer des fragments plus ou moins décomposés de racines dont seule la gaine extérieure oxydée a résisté au pourrissement.

En cas de mise en valeur de sols caractérisés par un tel type de fonctionnement hydrodynamique, il sera donc nécessaire de considérer l'originalité de ce comportement pour corriger la fertilité très basse de ces derniers. Il convient pour ce faire de préciser les époques durant lesquelles les épandages de fertilisants risquent d'avoir le plus d'effet au niveau du sol. Ce seront principalement durant les périodes de faibles écoulements que ces apports auront le plus de chance de se maintenir dans le sol. Les mois de plus forts écoulements (drainages obliques subsuperficiels ou ruissellement hypodermique) étant ceux de décembre, janvier et avril, il conviendrait pour rentabiliser au mieux les amendements effectués, de les apporter sous une forme fractionnée dans le temps en dehors de ces périodes. De même pour éviter au maximum les pertes par lixiviation et entraînement, les engrais (dolomie) devraient être apportés sous une forme grossière pour éviter une solubilisation trop rapide.

Des exemples de défrichage à l'aide d'engins mécaniques lourds ont montré le rôle de compactage qui tendent à péjorer un drainage déjà difficile verticalement. Il est recommandable d'effectuer le défrichage à la main. Les résultats enregistrés dans ce domaine par des essais sur le terrain et au laboratoire (SANCHEZ, 1976) en région amazonienne (Pérou et Brésil) montrent que cette technique présente de très larges avantages tant sur le plan des propriétés physiques que chimiques sur tout les autres types de déforestation utilisés. Une éventuelle utilisation de ces sols devra être, dans tous les cas, dirigée vers la conservation de ces derniers, en évitant dans toute la mesure du possible, la détérioration de l'horizon supérieur organique qui possède l'essentiel des réserves directement assimilables par les plantes.

5.3 - NECESSITE D'UNE METHODE CARTOGRAPHIQUE ADAPTEE AUX CHAINES DE SOLS A FORTE DIFFERENCIATION TOPOSEQUENCIALE LATERALE

La différenciation pédologique latérale observée à l'échelle de la

toposéquence, les relations génétiques qui existent entre les sols différenciés lors de l'évolution, la disparité croissante des comportements hydrodynamiques des sols corrélativement à cette variation latérale sont autant de données qui rendent insuffisantes les cartes pédologiques établies suivant les méthodes traditionnelles en vue d'une application agricole. Il serait inexact de représenter ces systèmes fonctionnels de sols par des unités continues dans des cartes pédologiques établies suivant le critère que l'on peut assimiler les couvertures pédologiques à un certain nombre de surfaces contigües caractérisées par un ou plusieurs profils types.

BOULET, 1978, fut le premier à proposer pour ces systèmes de sols à dynamique latérale plus ou moins accentuée de Guyane Française, un certain nombre de solutions pour leur représentation cartographique. Elles reposent néanmoins toutes sur l'établissement de transects ou de coupes schématiques transversales sur lesquelles sont reportées les caractéristiques texturales (lignes d'isovaleurs), les courbes d'isodifférenciation correspondant principalement à la modification texturale des matériaux. Dans ces cartes à *grande échelle* (1/5 000), la charge d'information est très grande et bien supérieure à celle des cartes pédologiques "classiques" ; elles permettent de percevoir immédiatement le stade d'évolution du système reconnu. L'établissement de telles coupes rend compte du devenir probable des sols et du sens de l'évolution pédologique. Cette méthodologie cartographique nouvelle dans ces systèmes fortement différenciés est sans aucun doute beaucoup plus apte à répondre aux problèmes posés lors de la mise en valeur ou de l'utilisation agronomique de tels sols.

Dans la cartographie à *moyenne échelle*, BOULET, 1978, utilise également des coupes schématiques qui "aident à visualiser l'organisation des sols dans les trois dimensions". Là encore, l'information contenue dans la légende de ces coupes est bien plus grande que celle que peut donner une carte pédologique établie par la juxtaposition d'un certain nombre de profils découlant d'un système de classification qui se veut universel.

En fait, les méthodes cartographiques traditionnelles que nous avons d'ailleurs essayé d'appliquer (avec insuccès) lors de la cartographie du bassin versant de Grégoire où se développent des chaînes fonctionnelles de sols à fortes variations latérales (et beaucoup plus que dans les sols ferrallitiques généralement connus), ignorent dans la réalité deux propriétés fondamentales des systèmes-sols : tout d'abord, les sols sont spatialement liés les uns aux autres ; ils le sont génétiquement. D'autre part, ils sont marqués par leur histoire évolutive et le temps de leur évolution. Cartographier ces systèmes en les assimilant à un certain nombre de profils types bien souvent établis dans des conditions de dynamique différente, revient à effacer du même coup tous les liens qui les agencent et les ordonnent entre eux.

CONCLUSIONS GENERALES

RETOUR SUR LES OBJECTIFS ET LES CONDITIONS DE L'ETUDE

Lorsque cette étude a été entreprise, le concept de sols ferrallitiques était forgé et la réalité qu'il recouvre en Guyane était déjà bien explorée. Les caractéristiques chimiques, minéralogiques et morphologiques de ces sols avaient été dégagées ainsi que les aspects majeurs de leur répartition dans les paysages. Mais cet inventaire ne s'appuyait pas sur des mesures de caractéristiques physiques hormis la composition granulométrique. Les données sur l'humidité des profils étaient succinctes ; la présence ou non de taches d'hydromorphie, de pseudogley ou de gley intervenaient dans les diverses cartographies au niveau du sous groupe de la classe des sols ferrallitiques.

Les manifestations observées sur le terrain d'un comportement hydrique à composante latérale beaucoup plus importante pour ce type de sol que ce qui est généralement admis nous ont fixé comme objectif principal de préciser par des mesures de terrain l'importance et la nature de ces écoulements et cela en relation directe avec l'organisation des couvertures de sols reconnues. L'étude ici présentée a donc pour objet, d'une part l'analyse de deux types de couvertures pédologiques qui correspondent à une catégorie de différenciation bien représentée dans la région ; ces couvertures apparaissent comme des *systèmes complexes de volumes pédologiques réagissant les uns sur les autres* ; il s'agit plus précisément de *systèmes de transformation pédologique d'une couverture en une autre*. Cette analyse comprend conjointement une caractérisation structurale, minéralogique et géochimique de quatre toposéquences caractérisant les deux types de couvertures. D'autre part, les conséquences de cette différenciation sur *l'unité hydrodynamique* - couverture pédologique envisagée du point de vue de sa dynamique de l'eau -. L'objectif final étant de tenter un raccord entre les observations ponctuelles réalisées à l'échelle d'un versant sur une parcelle ERLO de 150 m², à l'ensemble du bassin versant de Grégoire (12,4 Km²).

APPORT A LA CONNAISSANCE DES SYSTEMES PEDOLOGIQUES

Au plan des organisations à différents niveaux

L'analyse minéralogique et structurale des quatre toposéquences

sur granito-gneiss de la région de Grégoire en Guyane française a été réalisée en utilisant des moyens de caractérisation variés et complémentaires qui vont depuis l'observation de terrain jusqu'à celle de l'assemblage élémentaire des cristallites. Cette analyse a mis en évidence l'existence de deux types de couvertures pédologiques qui bien que spatialement très proches, sont caractérisées chacune par une organisation toposéquentielle latérale des sols très différente.

La couverture pédologique I présente une forte variation latérale des horizons pédologiques et l'existence d'horizons argileux de plus en plus accusés vers le bas du versant. *La couverture II* ne présente pas une telle différenciation latérale mais est marquée par l'apparition d'horizons gravillonnaires ferrugineux, en liaison avec l'existence d'horizons B jaunes et la présence de filons subverticaux. L'autochtonie des nodules ferrugineux est confirmée par leur plus grande abondance dans le prolongement des filons qui traversent la roche mère.

L'analyse minéralogique et structurale de la *couverture* (toposéquence I) montre la *transformation actuelle d'une couverture ferrallitique (de départ)* qui apparaît en déséquilibre avec les conditions du milieu. L'analyse fine des organisations des cristallites rend compte de la destruction (plasmostruclurolyse) puis de la réorganisation des constituants élémentaires de la couverture initiale ou de départ qui est représentée dans la partie sommitale de la séquence, où le sol, relativement épais, argileux, kaolinitique, avec quelques nodules ferrugineux lithorelictuels, est assez bien structuré grâce à la présence de micropeds.

Au fur et à mesure que l'on descend la pente, la présence d'horizons argileux se fait de plus en plus nette dans les profils ; l'organisation verticale des sols du tiers inférieur et du bas de pente de la couverture I offre un contraste textural très accentué des horizons nouvellement différenciés.

Dans la *couverture pédologique II* (toposéquences II, III et IV) il n'y a pas de formation d'horizons argileux dans le bas de versant comme dans le cas précédent. L'étude de l'organisation des sols a révélé l'existence d'un milieu confiné au sommet marqué par la présence d'horizons B, jaune vif, argileux. L'analyse minéralogique et structurale révèle la *transformation* actuelle des horizons B oxiques rouges en horizons jaunes ; cette transformation s'accompagne d'une *perte de structure* qui conduit à un tassement et un compactage d'où une imperméabilité du matériau. L'accumulation inégale du fer et la présence d'horizons nodulaires ferrugineux (B₂gr) est en liaison directe d'une part avec les horizons jaunes et d'autre part avec les orientations subverticales des filons pegmatitiques dans les granito-gneiss ; cette accumulation de fer semble plus importante dans les alignements à grains grossiers.

Cette transformation d'une couverture ferrallitique ancienne se traduit par une *dynamique actuelle originale* pour des sols ferrallitiques tant au niveau du comportement hydrique, qu'à celui des transports superficiels de matière ou des bilans géochimiques ; elle confère une certaine spécificité aux sols de la région.

Au plan de la dynamique actuelle de l'eau

Les deux couvertures pédologiques observées sont caractérisées cha-

cune par un fonctionnement hydrodynamique bien différent. Dans la couverture I, la dynamique saisonnière de l'humidité a montré que les *sols du sommet* et de l'amont, tout au moins dans les horizons supérieurs, restent constamment aérés ; *la dynamique de l'eau y est donc essentiellement verticale*. L'humidité s'établit, en saison des pluies, au voisinage d'une valeur qui reste principalement liée à la capacité de rétention ; le drainage vertical, à ce niveau de la séquence est nettement excédentaire. Dans le tiers inférieur et dans *le bas de versant*, à la limite supérieure des horizons argileux, la saturation est atteinte soit temporairement (tiers inférieur) soit en toutes saisons (bas de versant), ce qui conduit à l'amorce puis à l'établissement d'une circulation latérale de l'eau en liaison avec la différenciation toposéquentielle.

En résumé, dans la *couverture pédologique I*, le fonctionnement hydrodynamique global à l'échelle du versant est *complexe*. Les variations latérales sont fortes et on passe d'abord graduellement puis rapidement d'un drainage vertical plus ou moins libre et profond au sommet à un drainage latéral subsuperficiel dès la mi-pente. Dans *le bas de pente*, le drainage vertical est d'autre part bloqué par la remontée de la nappe phréatique oscillante dont le toit coïncide en saison des pluies avec la base des horizons argileux.

Néanmoins, le *bilan hydrique global* approché à partir des résultats obtenus dans la case ERLO installée au-dessus et juste à l'aval des horizons argileux du bas de versant de la toposéquence I, donc privilégiant l'importance des écoulements latéraux aux dépens de l'infiltration verticale de l'eau, a montré qu'environ 17% de l'eau de pluie ruisselle immédiatement à la surface du sol ; 39% est évapotranspirée ; 1% circule obliquement et que le drainage vertical obtenu par différence est de l'ordre de 43%. Ces résultats montrent donc l'importance du *drainage vertical qui reste un facteur essentiel de la pédogénèse du milieu* et cela malgré l'intensité relative des phénomènes de ruissellement et de drainage oblique subsuperficiel puisqu'il est essentiellement constitué par le ruissellement hypodermique.

La couverture pédologique II est caractérisée par une *dynamique de l'eau latérale et subsuperficielle* généralisée à l'ensemble des versants de la colline en demi-orange, à formes convexes et aux pentes fortes à très fortes. *Au sommet*, l'eau s'infiltré jusqu'à la base de l'horizon nodulaire et s'accumule pour former des nappes perchées temporaires ou des poches d'eau qui persistent longtemps après les pluies au cours des saisons pluvieuses. L'eau de gravité, rapidement arrêtée dans sa migration verticale, provoque le ruissellement immédiat de la plus grande part de l'eau qui arrive sur le sol. L'horizon qui sert de magasin à la nappe perchée, ou aux poches d'eau, est jaune-vif ; il surmonte un horizon rouge duquel il dérive, dont la texture est fine (argilo-limoneuse) et de porosité si fine qu'il est insuffisamment aéré et qu'il apparaît "sec au toucher" même en saison des pluies. Les sols du sommet échappent de ce fait quasi-totalement à la dynamique saisonnière de l'eau ; la plus grande partie de cette eau de gravité non reprise par l'évapotranspiration et qui s'est accumulée à la limite supérieure de l'horizon rouge, dans l'horizon jaune, doit circuler latéralement à faible profondeur jusqu'en bas de pente ; le débordement de la nappe perchée du sommet se fait dès le tiers supérieur du versant puis se généralise à l'ensemble de ce dernier. On observe donc un comportement imperméable de l'horizon B oxisque rouge et du matériau d'altération BC sous-jacent dont l'organisation est compacte et qui a une faible macroporosité.

En conclusion, *le comportement hydrique original de ces sols est dû à des caractères pédologiques* qui affectent à la fois les horizons supérieurs et les horizons sous-jacents. On assiste, dans les deux couvertures pédologiques à la *disparition de l'organisation micropédique* qui caractérise les sols ferrallitiques à drainage vertical profond.

Un tel comportement hydrique conditionne les possibilités de transport et de redistribution de matières dans les sols.

Au plan des transports de matières

L'érosion mécanique totale mesurée dans la parcelle ERL0 de Grégoire sous forêt, est de l'ordre de 0,4 T/Ha/an ; plus de 0,3 T (soit environ 80%) des éléments érodés sont exportés sous forme de suspension. Les mesures qualitatives comparatives des eaux de ruissellement et de drainage oblique montrent que l'érosion, sélective, se réalise d'une part lors de quelques événements annuels exceptionnels, et que d'autre part, elle est essentiellement superficielle et subsuperficielle et localisée à la *zone fonctionnelle* des couvertures pédologiques. L'érosion sous forêt est donc faible à Grégoire, surtout si l'on tient compte des conditions climatiques régionales et des quantités d'eau en mouvement dans ces couvertures de sols. Ces résultats indiquent le rôle extrêmement important du couvert forestier principalement au niveau superficiel des couvertures de sols (fixation et maintien du sol en place par le système racinaire).

Au plan des bilans géochimiques

La circulation verticale de l'eau dans la partie sommitale de la couverture I associée à l'érosion superficielle en nappe, provoque le départ d'une fraction importante des éléments fins qui sont préférentiellement exportés et le maintien sur place de la fraction granulométrique grossière. Ces deux processus érosifs participent à la transformation de la couverture ferrallitique de départ. Il y a *appauvrissement sélectif* de matière, transformation et exportation du plasma argilo-ferrugineux principalement dans les couches fonctionnelles du sol localisées dans le haut des profils.

Deux milieux géochimiques distincts à l'échelle du versant sont mis en évidence dans les couvertures pédologiques suivant le stade d'évolution et de transformation de ces dernières ; un milieu ELUVIAL d'*altération et d'appauvrissement* localisé aux horizons supérieurs des sols de l'amont ; il y a dans ce milieu *accumulation relative des minéraux primaires*, principalement constitués de quartz ; c'est la *zone de départ* par "lessivage" (terme pris dans le sens pédologiques de transfert de particules solides fines) des produits d'altération secondaires avec entraînement préférentiel de l'alumine, mais également de la silice et du fer. L'exportation répétée du plasma argilo-ferrugineux concentre relativement les lithoreliques et participe ainsi à la constitution de l'horizon nodulaire. Le deuxième milieu géochimique, ILLUVIAL, est une *zone d'accumulation et de transformation* de ces éléments qui se situe dans le bas du versant. La néoformation de kaolinite dans les *zones de ferri-fières du bas de versant* presque constamment saturées se produit dans la couverture du premier type tandis que le drainage bloqué au sommet de la couverture II se traduit par une concentration relative du fer en liaison avec les lithoreliques.

Ainsi donc, dans le paysage forestier où à été conduite cette étude, la différenciation et la transformation de couvertures pédologiques spatialement très proches, déterminent des *comportements hydrodynamiques* très différents d'une couverture à l'autre, jusqu'à être *complexes* dans une même couverture.

Au point de vue dynamique évolutive, on constate l'existence à l'échelle d'un même versant, de mécanismes géochimiques différents voire opposés qui correspondent principalement aux *conditions pédoclimatiques* engendrées au cours de l'évolution : dégradation de la kaolinite et destruction des liaisons fer-argile dans les horizons subsuperficiels à pédo-climat contrasté ; accumulation ou néoformation de kaolinite dans les zones saturées ; ferruginisation ou deferruginisation principalement en fonction des conditions de saturation (bas de pente, nappe, etc..)

Spécificités de la région étudiée

Des exemples de transformation interne de couvertures pédologiques en déséquilibre ont déjà été étudiées en Afrique Sahélo-Soudanaise (BOULET, 1974 ; CHAUVEL, 1977 ; LEPRUN, 1977). Dans tous les cas étudiés, les modifications climatiques semblaient être la cause du déséquilibre de ces vieilles couvertures d'altération. En Guyane Française et *principalement dans la partie Nord-Ouest du département*, la cause d'un tel déséquilibre est à rechercher dans l'*abaissement du niveau de base consécutif à un soulèvement très lent du socle*. L'abaissement consécutif du toit de la nappe phréatique et l'accentuation de sa pente dans le versant détermine l'augmentation des soutirages internes ; l'enfoncement du niveau de base conduit sous végétation forestière naturelle à une *transformation interne* du sol qui se traduit par une modification de la dynamique de l'eau... *chaque stade d'évolution* correspondant à un type *simple ou complexe* de système hydrodynamique.

Les ruissellements superficiels et subsuperficiels, très forts qui ont été mesurés à Grégoire, sont par ailleurs à relier à l'*augmentation récente de la pluviosité* ; ils rendent compte d'une "reprise d'érosion généralisée du paysage pédologique Guyanais". Toutefois, *la dynamique latérale et subsuperficielle* de l'eau que nous avons mis en évidence est *la manifestation la plus évidente et directement observable* de cette situation de déséquilibre d'une couverture ferrallitique antérieure ; elle conditionne par ailleurs l'éventuelle mise en valeur de tels sols (fragilité, ruissellements, chablis -Djougoung-Pété-, appauvrissement chimique, mauvaises conditions d'aération dès une faible profondeur, nodulation...).

DIFFICULTES METHODOLOGIQUES ET INCIDENCES SUR LES RESULTATS OBTENUS

Critères de cartographie pédologique en relation non directe avec les flux hydriques

Le travail présenté dans ce mémoire est une contribution à la connaissance de l'organisation et du comportement hydrique des couvertures pédologiques en déséquilibre dans la région nord-ouest de la Guyane Française. La différenciation latérale observée dans le même versant et la disparité croissante du comportement hydrique des sols rendent insuffisantes

les cartes pédologiques établies suivant les méthodes traditionnelles dans lesquelles on assimile les couvertures de sols à la juxtaposition d'un certain nombre de surfaces contigües caractérisées par un ou plusieurs profils types. *L'originalité marquée de la dynamique de l'eau en relation avec l'organisation des sols* sur granito-gneiss de la région de Grégoire montre la *nécessité et le fondement* d'une analyse tridimensionnelle de ces couvertures de sols, telle qu'elle a été proposée par BOULET, 1978 ; c'est à ce titre que ce travail contribue à servir les objectifs de la cartographie pédologique.

D'un point de vue *méthodologique*, on constate donc la nécessité de faire *l'analyse structurale* des différents niveaux d'organisation, depuis l'échelle de la toposéquence jusqu'à celle de l'assemblage élémentaire des cristallites ; *mais cette analyse doit être menée conjointement à une caractérisation par des mesures physiques ponctuelles du comportement hydrique de ces diverses organisations* ; le fonctionnement hydrodynamique, la caractérisation du système de transformation et la *dynamique évolutive globale* ne peuvent être tentés que par la complémentarité de ces différentes approches.

Les résultats donnés par certaines des méthodes ou techniques utilisées posent des problèmes délicats d'interprétation qui, dans certains cas, ont fait l'objet d'analyses critiques. En effet ces résultats dépendent de :

L'hétérogénéité des sols et des mesures destructives réalisées sur des échantillons remaniés, de la nature des constituants, de leur organisation élémentaire, et du niveau d'énergie qui leur est appliquée. Les mesures de porosité ont été faites *sur mottes* ; les profils hydriques établis par des sondages répétés effectués à peu de distance et contribuant de ce fait à la destruction du milieu.

L'approche des circulations latérales en case ERLO, les conditions et la signification des résultats obtenus dans le dispositif de recueil ont fait l'objet d'une analyse critique. On retiendra le fait qu'un tel dispositif a été installé sur une *parcelle isolée des flux de ruissellement extérieur* ne caractérisant par conséquent pas le phénomène dans les conditions naturelles. La position de la case ERLO en bas du versant, là où les flux hydriques peuvent être hiérarchisés, d'espacement métrique ou plus, font que la représentativité des écoulements n'est pas assurée. Cette approche permet néanmoins de comparer le comportement de milieux différents tant en Guyane même que dans d'autres régions équatoriales.

Si le problème du passage d'une échelle de mesure à l'autre n'est pas résolu, cette étude montre *l'importance fondamentale du positionnement* des différents dispositifs de mesure des écoulements, tant à l'échelle de la séquence qu'à celle du bassin versant.

Bien que ce travail ait suscité un effort méthodologique, il implique impérativement la nécessité, pour *pallier aux différentes difficultés* rencontrées au cours des étapes successives de l'étude, de nouvelles méthodes d'approches basées essentiellement sur des *mesures in situ*, sans perturbation du milieu, ainsi que des analyses sur échantillons non remaniés (tensiomètres et humidimètre, sonde à neutron pour apprécier les flux, mesure de densité au gamma-densimètre, etc...). De même, dans ces couvertures de sols au fonctionnement hydrique si complexe, l'approche des circulations d'eau devrait-elle être tentée dans des cases linéaires, ouvertes, plutôt que dans des dispositifs de recueil sur parcelles fermées.

BIBLIOGRAPHIE

- AB'SABER (A.-N.), 1968.- in Vanzolini.
- AUBERT (G.), 1950.- Observations sur la désagrégation des sols et la formation de la cuirasse latéritique dans le Nord-Ouest du Dahomey (IV Congr. Intern. Sc. du Sol, Amsterdam), III, p. 127-128.
- AUBERT (G.), DUCHAUFOUR (Ph.), 1956.- Projet de classification des sols. VIème Congr. Intern. du Sol, Paris, V, 97, Vol. E, p. 597-604.
- AUBERT (G.), LENEUF (N.), 1960.- Essai d'évaluation de la vitesse de ferrallitisation. 7th Intern. Congr. Soc. of Soil Sc., Madison.
- AUBERT (G.), 1965.- La classification pédologique utilisée en France. Pédologie, Sympos. Intern., 3, Class. Sols, p. 25-26.
- AUBERT (G.), 1965.- Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes utilisés par la section de pédologie de l'ORSTOM. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. III, fasc. 3, p. 269-288.
- AUBERT (G.), SEGALEN (P.), 1966.- Projet de classification des sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. IV, 4, p. 97-112.
- AUBERT (G.), 1968-1979.- Comm. personnelles.
- AUBREVILLE (A.), 1961.- Etude écologique des principales formations végétales du Brésil. C.F.T.T. Nogent, 258 p.
- BARRUOL (J.), 1961.- in Mazeas.
- BEARD (J.-S.), 1953.- The savanna vegetation of northern tropical America. Ecol. Monogr. 23, p. 149-215.
- BEAUDOU (A.), CHATELIN (Y.), COLLINET (J.), MARTIN (D.), SALA (G.-H.), 1977.- Notes sur la micromorphologie de certains sols ferrallitiques jaunes de régions équatoriales d'Afrique. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. XV, 4, 1977, p. 361-379.
- BIGARELLA (J.-J.), MOUSINHO (M.-R.), DA SILVA (J.-X.), 1969.- Processes and environments of the Brazilian quaternary. The periglacial environment. (Ed. by T.L. Pewé), p. 417-487, Mc Gill-Queen's University Press, Montreal.
- BIROT (P.), 1959.- Précis de géographie physique générale. A. Colin, Paris.
- BIROT (P.), 1967.- in Eldin (M.) et Daudet (A.).
- BLANCANEAUX (Ph.), 1969.- Rapport explicatif de la carte au 1/50.000 Haut Kourou NE. T1 74 p. T2 Dossiers de caractérisation pédologique. ORSTOM, Cayenne, P. 103, ronéo.

- BLANCANEAUX (Ph.), DELHUMEAU (M.), TURENNE (J.-F.), 1970.- Maripasoula. Etude pédologique. T1. 13 p. T2 40 p. Dossiers de caractérisation des profils. ORSTOM, Cayenne, P. 113. Ronéo.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1970.- Réflexions sur la proposition d'un groupe de sols dits Psammo-ferrallitiques ou Quartzo-psammitiques dans la sous-classe des sols ferrallitiques fortement désaturés en B. 3 p., 7 doss. de caract. analyt. ORSTOM, Cayenne, P. 119. Ronéo.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1971.- Etude pédologique au 1/30.000 du bassin versant expérimental de la crique Grégoire-Sinnamary-Guyane Française. T1 47 p. T2 Doss. Caract. Pédol., ORSTOM, Cayenne, P. 124. Ronéo.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1971.- Etude comparative des variations de caractères ou de constituants dans des unités naturelles dynamiques et tentatives d'extension à des paysages pédologiques dans les formations sablo-argileuses de l'extrémité NO de la Guyane Française. Annexe du rapport cartographique St Jean NE au 1/50.000. T1 : 61 p., cartes, schém., photos, bibli. T2 : Détermination des paramètres influant sur le cycle bio-hydro-pédologique des sables détritiques continentaux. 104 p. Descr. fiches analyt., schémas. ORSTOM, Cayenne, P. 122. Ronéo.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1972.- Projet de mesure du lessivage oblique sur les formations granito-gneissiques du bassin versant expérimental de la crique Grégoire. (Sinnamary-Guyane Française). 9 p., 2 pl., ORSTOM, Cayenne. Ronéo.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1972.- Podzolisation dans le NO de la Guyane Française. Un puissant facteur d'appauvrissement des sols. Comm. au 10ème Congrès annuel de la Caribbean Food Crops Society tenu à San Juan de Puerto Rico et à Mayaguez, juin 1972. 8 p., 2 pl. Texte français et anglais. ORSTOM, Cayenne, P. 130.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1973.- Rapport de mission en Côte d'Ivoire (20 janvier au 2 février 1973). 10 p., 7 pl. photos. ORSTOM, Cayenne, P. 135. Ronéo.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1973.- System for field measure of erosion, run-off and oblic-drainage in ferrallitic soils on granitic matrices in French Guyana. Communication 11ème Congrès de la Caribbean Food Crops Society (Barbades du 1er au 7 juillet). 6 p., pl. et cart. ORSTOM, Cayenne. Ronéo.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1973.- Les "Djougoung Pété" du bassin versant expérimental de la crique Grégoire. Sinnamary-Guyane Française. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. Vol. XI, n°1, 1973, p. 29-42.
- BLANCANEAUX (Ph.), THIAIS (J.-L.), LAPLANCHE (G.), ROSTAN (J.-J.), BERGRAVE (S.-J.), 1973.- Podzols et sols ferrallitiques dans le nord-ouest de la Guyane Française. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. XI, n°2, 1973, p. 121-154.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1973.- Reconnaissances pédologiques des parcelles forestières de R.A. Oldeman à Saül. In Oldeman R. A.A. Thèse d'Etat sur l'Architecture forestière de la Guyane. Montpellier, N°CNRS A07787. 247 p. 113 pl.

- BLANCANEUX (Ph.), 1974.- Reconnaissance pédologique de la Guyane Française méridionale (Petite Ouaqui-Chemin des Emerillons- Tamouri). 24 p. Doss. de caract. analytiques. ORSTOM, Cayenne, P. 140. Ronéo.
- BLANCANEUX (Ph.), 1974.- Notice explicative n°54. Carte pédologique au 1/50.000 Saint-Jean NE. Guyane Française. ORSTOM, Paris.
- BLANCANEUX (Ph.), 1974.- Caractéristiques physico-chimiques des sols ferrallitiques du Bouclier Guyanais, leurs relations avec les eaux de drainage et de ruissellement. 25 p. ORSTOM, Cayenne, P. 138. Ronéo.
- BLANCANEUX (Ph.), 1974.- Essai de synthèse pédo-géomorpho et sédimentologique de la Guyane Française. 140 p. 12 pl. schémat., 47 photos coul. ORSTOM, Cayenne GF 13. Ronéo.
- BLANCANEUX (Ph.), 1976.- Caractéristiques pédo-agronomiques des terrasses fluviales de la Forestière, Guyane Française. 37 p., 6 fig., carte. ORSTOM, Cayenne. P. 146. Ronéo.
- BLANCANEUX (Ph.), POUYLLAU (M.), HERNANDEZ (S.), ARAUJO (J.), 1976.- Estudio pedo-geomorfológico sobre las formaciones graníticas de la region de Puerto Ayacucho - Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Comm. IVème Congrès Vénézuélien de la Science du Sol -Maturin- Vénézuéla. 28 p. MOP-DGRH-Div. de suelos, Caracas/ ORSTOM. Multigr.
- BLANCANEUX (Ph.), HERNANDEZ (S.), ARAUJO (J.), 1977.- Estudio edafológico preliminar - Sector Puerto Ayacucho, Territorio Federal Amazonas, Vénézuéla. 118 p., 21 fig., 11 tabl., 4 cartes 1/100.000 couleur. Profils en annexe. MARNR-DG II. A-Div. Suelos Caracas/ ORSTOM. Vénézuéla.
- BLANCANEUX (Ph.), POUYLLAU (M.), 1977.- Formes d'altération pseudokarstique en relation avec la géomorphologie des granites précambriens du type Rapakivi dans le territoire fédéral de l'Amazone, Vénézuéla. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. Vol. XV, n°2, 1977, p. 131-142.
- BLANCANEUX (Ph.), POUYLLAU (M.), 1977.- Les relations géomorphopédologiques de la retombée nord-occidentale du Massif Guyanais (Vénézuéla). 1ère partie : Les concepts et les définitions. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. XV, n°4, p. 437-448.
- BLANCANEUX (Ph.), POUYLLAU (M.), SEGALIN (P.), 1978.- Les relations géomorphopédologiques de la retombée nord-occidentale du Massif Guyanais (Vénézuéla). 2ème partie : Les unités géomorphopédologiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. Vol. XVI, n°3, p. 293-315.
- BLANCANEUX (Ph.), ARAUJO (J.), 1978.- Accion determinante del hombre y del clima actual en la evolucion de suelos y sabanas del sur de Venezuela, T.F. Amazonas. Com. V Congr. Venezol. Ciencia del Suelo. Barquisimeto. Venezuela. multigr. 47 p., 9 fig., 1 tabl.

- BLANCANEUX (Ph.), 1978.- Dynamique de sols ferrallitiques sur granito-gneiss en Guyane Française. Relation avec l'érosion, le ruissellement et le lessivage oblique. ORSTOM, Cayenne, 210 p., 34 tabl., 38 fig., 48 tabl. en annexe, 4 pl. fotogr. Ronéo.
- BLANCANEUX (Ph.), ARAUJO (J.), POUYLLAU (M.), BLANCO (B.), 1981.- Estudio edafológico preliminar a 1/125.000 del sector Asita-Cacuri-Paru, Alto Ventuari, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. 106 p., 6 fig., 10 tabl. Profils en annexe. MARNR-Div. Suelos-Caracas. Série informe Técnico DGS IIA/IT 72.
- BLANCANEUX (Ph.), 1981.- Essai sur le milieu naturel de la Guyane Française. ORSTOM, Sér. Travaux et Documents. TD 137, Paris.
- BLANCANEUX (Ph.), ARAUJO (J.), 1982.- L'action déterminante de l'homme et du climat actuel sur l'évolution des sols et des savanes du sud du Venezuela, Territoire de l'Amazonie. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. XIX, n°2, 1982.
- BLANCANEUX (Ph.), 1982 - Ensayo de geografía de suelos en el escudo Guayanes. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) . Serie informe Técnico . DGSIIA/IT/113, 182 p., 3 fig., Caracas, 1982
- BLANCANEUX (Ph.), DUBROEUCQ (D.), 1983.- Características ambientales y edáficas del área muestra Maroa-Yavita, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. MARNR-ORSTOM. Caracas. Div. Suelos. Série informe Técnico DGIIA/IT/128-46 P.
- BOCQUIER (G.), 1971.- Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse Sci. Strasbourg et Mém. ORSTOM, 62, 1973, 350 P.
- BOTICHKA (P.), 1979.- Ministerio de Minas e Hidrocarburos de Venezuela. Comm. personnelles.
- BOULET (R.), 1974.- Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta : équilibre dynamique et bioclimats. Thèse Sci. Strasbourg, N°CNRS : A.09953.
- BOULET (R.), 1977.- Aperçu sur le milieu pédologique guyanais. Caractères originaux et conséquences de la mise en valeur. ORSTOM, Cayenne, multigr. 36 P.
- BOULET (R.), 1974-1979.- Comm. personnelles.
- BOULET (R.), 1978.- Toposéquence de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Mém. ORSTOM, 272 p. Paris.
- BOULET (R.), BRUGIERE (J.-M.), HUMBEL (F.-X.), 1978.- Relation entre caractères dynamiques et organisation des systèmes de sols en Guyane française septentrionale. Influence de l'histoire de la couverture pédologique sur l'occurrence de ces systèmes. Conséquences agronomiques. Art. 4. ORSTOM, Cayenne, Multigr. 34 p.

- BOULET (R.), 1978.- Organisation de certains sols de Guyane française en systèmes à fortes différenciation latérale : un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre. ORSTOM, Cayenne, multigr. 13 p.
- BOULET (R.), BRUGIERE (J.-M.), HUMBEL (F.-X.), 1979.- Relation entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale. Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. Sc. du Sol, n°1, p. 3-18.
- BOURGES (J.), 1968-1973.- Comm. personnelles.
- BREWER (R.), 1964.- Fabric and mineral analysis of soils. J. Wiley and sons edit. N.Y., 470 p.
- BREWER (R.), 1972.- The basis of interpretation of soil micromorphological data. Geoderma 8, 2-3, p. 81-94.
- BROWN Jr (K.-S.), 1977.- Centros de evolcao, refugios quaternarios e conservacao de patrimônios geneticos na regio neotropical : padroes de diferenciacao em Thomiinae (Lepidoptera : Nymphalidae). Acta Amazonica, 7 (1), p. 75-137.
- BRUGIERE (J.-M.), MARIUS (Cl.), 1967.- Relation sols-substrat géologique. ORSTOM, Cayenne; multigr. 10 p.
- BRUGIERE (J.-M.), 1968-1975.- Comm. personnelles.
- BRUGIERE (J.-M.), TURENNE (J.-F.), BLANCANEUX (Ph.), 1969.- Mission pédologique mixte Dienst Bodemkartering-Paramaribo, Surinam-Centre ORSTOM, Cayenne, Guyane française, 21 p. Multigr.
- CHATELIN (Y.), 1974.- Les sols ferrallitiques. III. L'altération. Init. Doc. Techn. ORSTOM n°24. Paris, 144 p.
- CHAUVEL (A.), FAUCK (R.), 1969.- Sur la mise en évidence et la caractérisation d'un horizon B dit "de comportement" dans les sols rouges de Casamance (Sénégal). C.R. Acad. Sci., Paris, 269, P. 2080-2083.
- CHAUVEL (A.), 1977.- Recherches sur les transformations des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges en moyenne Casamance. Thèse Sci. Strasbourg, 495 p.
- CHAUVEL (A.), PEDRO (G.), 1978.- Sur l'importance de l'extrême dessiccation des sols (ultra-dessiccation) dans l'évolution pédologiques des zones tropicales à saisons contrastées.
- CHOUBERT (B.), 1949.- Géologie et pétrographie de la Guyane française. ORSTOM-Paris, 120 p.
- CHOUBERT (B.), 1957.- Essai sur la morphologie de la Guyane française. Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique de la France. Paris.

- CHOUBERT (B.), 1959.- Carte géologique de la Guyane française au 1/500.000. 2 feuilles. Carte géologique détaillée de la France.
- CHOUBERT (B.), 1960.- Les granites précambriens des Guyanes et leur origine probable. Mém. Carte Géol. détaillée de la France.
- CHOUBERT (B.), 1974.- Le Précambrien des Guyanes. Mém. BRGM. n°81, Paris, 212 p.
- CLAISSE (G.), 1968.- Etude expérimentale de l'analyse aux trois acides ; comportement du quartz pur à l'attaque triacide. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., VI, 2, p. 129-149.
- CLAISSE (G.), 1972.- Etude de la solubilisation du quartz en voie d'altération. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., X, 2, p. 97-122.
- COLLINET (J.), 1971.- Premiers résultats de l'exploitation d'une parcelle de lessivage oblique dans la région de Libreville (Gabon). ORSTOM. multigr.
- COLMET-DAAGE (F.), 1955.- Conclusions agronomiques sur les sols de Guyane. IFAT., multigr. 23 p.
- COLOMBANI (J.), 1984-1985.- Comm. personnelles.
- COLOMBANI (J.), LAMAGAT (J.-P.), THIEBAUX (J.), 1972.- Mesure de perméabilité des sols en place. Un nouvel appareil pour la méthode de Muntz. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., n°3.
- COMBEAU (A.), 1970.- L'étude du sol au laboratoire. Caractéristiques physiques, chimiques, minéralogiques et biologiques. in : Pédologie et développement (Techniques rurales en Afrique n°10). Paris, Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères, p. 63-93, bibli., 46 référ.
- CONCEICAO (T.-M.-L.), MONIZ (A.-C.), OLIVEIRA (J.-J.), SIEFFERMAN (G.), 1974.- Les sols à montmorillonite sur gneiss de la zone tropicale humide de l'état de Bahia. Signification paléoclimatique. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., XII, 2, p. 137-143.
- DELHUMEAU (A.), MISSET (M.), BLANCANEUX (Ph.), 1969.- Notice explicative de la feuille au 1/50.000 Regina SE. 43 p., multigr., carte hors texte. ORSTOM, Cayenne.
- DELHUMEAU (M.), 1969.- Carte pédologique de la feuille Regina SO au 1/50.000. ORSTOM, Cayenne, multigr.
- DELHUMEAU (M.), MARIUS (Cl.), 1970.- Etude comparative des sols du Gabon et de la Guyane. ORSTOM, Cayenne, multigr. 116 p.
- DELVIGNE (J.), 1965.- Pédogenèse en zone tropicale. Mém. ORSTOM, n°13, Paris, 177 p.
- DEWARD (J.), 1971-1973.- Comm. personnelles.
- DEWARD (J.), 1974.- in Hoepffner.

- DONSELAAR (J.-V.), 1965.- The vegetation of Suriname. Vol. IV. An ecological and phytogeographic Study of Northern Surinam Savannas. (Ed. by Lanjouw and P.J.D. Versteegh). Van Eedenfonds, Amsterdam.
- DUBROEUCQ(D.), 1978-1979.- Comm. personnelles.
- DUCHAUFOR (Ph.), 1956.- Voir AUBERT.
- DUCHAUFOR (Ph.), 1965.- Précis de pédologie. Masson. Paris, p. 481.
- DUCREY (M.) et FINKELSTEIN (D.), 1983.- Contribution à l'étude de l'interception des précipitations en forêt tropicale humide de Guyane. Projet ECEREX. Journées de Cayenne 4-8 mars 1983. 9 p., 4 tabl., 9 fig.
- EDEN (M.-J.), 1974.- Paleoclimatic influences and the development of Savannas in Southern Venezuela. Journ. of Biogeogr. 1974, 1, 95-109.
- ELDIN (M.), DAUDET (A.), 1967.- Notices de cartes climatologiques de Côte d'Ivoire. 1.- Déficits hydriques. 2.- Données pluviométriques. ORSTOM, Abidjan, multigr. 9 p.
- FAIRBRIDGE (R.-W.), 1964.- African Ice-Age Aridity. in NAIRN (A.E.M.). Problems in paleoclimatology. Interscience Publishing corporation, London, NY, Sydney, 705 p.
- FAUCK (G.), 1971.- Contribution à l'étude des sols des régions tropicales : les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale. Mém. ORSTOM, 61, Paris, XII, 259 p.
- FOUGEROUZE (J.), 1962.- Notes sur le climat de la Guyane française. Météorologie Nationale, groupe Antilles-Guyane. Cayenne.
- FRITSCH (J.-M.), 1983.- Evolution des écoulements des transports solides à l'exutoire et de l'érosion sur les versants d'un petit bassin après défrichement mécanisé de la forêt tropicale humide. Hydrology of Tropical Régions : AISH-Hambourg.
- FRITSCH (J.-M.), 1983.- Modifications des écoulements après défrichement et aménagements agro-forestiers de bassins versants expérimentaux en Guyane française. ORSTOM, Cayenne. 44 p.
- FRITSCH (J.-M.), 1984.- Etudes d'impact de l'aménagement de petit saut sur le Sinnamary. Les transports solides. ORSTOM, Cayenne. Ronéo, 41 p.
- FRITSCH (E.), 1984.- Les transformations d'une couverture ferrallitique. Analyse minéralogique et structurale d'une toposéquence sur schistes en Guyane française. Thèse, Univ. Paris VII, 188 p.
- FUSIL-MILLOT (G.), 1968-1984.- Comm. personnelles. ORSTOM-Bondy.
- GATES (W.-L.), 1976.- Modeling the Ice-Age climate. Science, 191 : 1138-1144.

- GAVAUD (M.), MULLER (J.-P.), RIEFFEL (J.-M.), 1976.- Nomenclature des horizons et des traits pédologiques macroscopiques. Une première approximation adoptée pour la cartographie des sols de la Bénoué au Cameroun. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. XIV, 2, p.169-173.
- GAVAUD (M.), 1977.- Essai sur la classification génétique des sols. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., XV, 1, p. 63-87.
- GAVAUD (M.), 1978-1979.- Comm. personnelles.
- GLAZOVSKAYA (M.-A.), 1966.- Principles for classifying soils of the world. Sov. Soil. Sci., n°8, p. 857-878.
- GLAZOVSKAYA (M.-A.), 1968.- Geochemical landscapes and types of chemical soil sequences. Intern. Congr. Soil Sci. 9, 1968. Adelaide, Vol. IV, p. 303-312.
- GRANVILLE (J.-J. de), 1972.- Aperçu sur la végétation du plateau des Mines. ORSTOM, Cayenne. Multigr.
- GRANVILLE (J.-J. de), 1968-1979.- Comm. personnelles.
- GRANVILLE (J.-J. de), 1978.- Recherches sur la flore et la végétation guyanaises. Thèse Sci. Univ. Sci. et Techn. Languedoc. Montpellier, 272 p.
- GUEHL (J.-M.), 1984.- Utilisation des méthodes tensio-neutroniques pour l'étude des transferts hydriques dans le sol en milieu ferrallitique guyanais. Sc. du sol, n°1, p. 35-48.
- HAFFER (J.), 1969.- Speciation in Amazonian forest birds. Science, 165, p. 131-137.
- HENIN (S.), 1951.- Mission pédologique en Guyane française. ORSTOM-INRA, multigr., 23 p.
- HENIN (S.), CAILLERE (S.), 1951.- Etude de l'altération de quelques roches en Guyane. Ann. Inst. Rech. Agr. p. 415-424.
- HENIN (S.), 1953.- Les possibilités agricoles de la Guyane. Cah. FR. Inform. 219, p. 6-8.
- HERRERA (R.), JORDAN (C.-F.), KLINGE (H.), MEDINA (E.), 1978.- Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. Interciencia, Vol. 3, n°4, jul-ago. 1978..
- HERRERA (R.), JORDAN (C.-F.), MEDINA (E.), KLINGE (H.), 1981.- How human activities disturb the nutrient cycles of a tropical rain-forest in Amazonia. Ambio, 1981, Vol. 10, n°2-3, p. 109-114.
- HIEZ (G.), DUBREUIL (P.), 1964.- Les régimes hydrologiques en Guyane française. Mém. ORSTOM, Paris.
- HIEZ (G.), DUBREUIL (P.), 1963.- Le bassin versant de la crique Virgile. ORSTOM, Paris.

- HOEPPFNER (M.), 1970-1974.- Comm. personnelles.
- HOEPPFNER (M.), 1974.- Les bassins versants de la crique Grégoire. Rapport préliminaire. ORSTOM, Cayenne, H48. T1 et 2.
- HOORELBECK (J.), LEMETAIS (L.), 1972.- Le bassin versant de la crique Cacao. ORSTOM, Paris.
- HUMBEL (F.-X.), 1976.- L'espace poral des sols ferrallitiques au Cameroun. Caractéristiques et comportement en relation avec les régimes hydriques et les bioclimats. Trav. et Doc. ORSTOM, n°54, 306 p. Paris.
- HUMBEL (F.-X.), 1978.- Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane Française à dynamique de l'eau superficielle. Article 2, 15 p. ORSTOM, Cayenne, multigr.
- HUMBEL (F.-X.), 1978.- Différence entre sols de Guyane française et sols d'Afrique humide (Cameroun), en ce qui concerne les propriétés physiques et hydriques. Article 3. ORSTOM, Cayenne, multigr. 25 p.
- JAKSON (M.-L.), 1965.- Free oxides, hydroxides and amorphous aluminosilicates. in : Methods of soils analysis. C.A. Black, ed. in Chief. Agron. n°9. Amer. Soc. Agron., Madison, p. 578-603.
- KLINGE (H.-K.), 1968.- Report on tropical podzols. F.A.O. Rome, IV. 88 p.
- KUGLER (H.-G.), 1941.- Report on exploration for oil in British Guiana. Géol. Survey of B.G., bull. n°20.
- LELONG (F.), 1959.- Liaison sol-roche mère en Guyane française. Note inédite, ORSTOM, 8 p.
- LELONG (F.), 1964.- Etude minéralogique d'un profil d'altération sur roche granitique en Guyane française. Bull. Serv. Géol. (b) 17, p. 263-286.
- LELONG (F.), 1966.- Régime des nappes phréatiques contenues dans les formations d'altération tropicale. Conséquences pour la pédogénèse. Sci. de la terre, 11, p. 201-244.
- LELONG (F.), 1967 (a).- Note préliminaire sur les formations latéritiques de Guyane française : "manière d'être" de la kaolinite et de la gibbsite ; origine des phyllites micacées. C.R. Acad. Sci., Paris, 264, p. 2713-2716.
- LELONG (F.) et MILLOT (G.), 1966.- Sur l'origine des minéraux micacés des altérations latéritiques. Diagenèse régressive. Minéraux en transit. Bull. . Carte géol. Als. Garr., 19, p. 271-286.
- LELONG (F.), 1967 b.- Détermination quantitative par voie chimique des constituants minéralogiques de produits argileux d'altération tropicale. Bull. groupe français des argiles, 19, p. 49-67.

- LELONG (F.), 1969.- Nature et genèse des produits d'altération des roches cristallines sous climat tropical humide (Guyane française). Deuxième thèse. Fac. Sci. Univ. Nancy.
- LENEUF (N.), 1959.- L'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés. Thèse Sci., Paris, Publ. ORSTOM, 210 p.
- LEPRUN (J.-C.), 1977.- Premières observations sur les toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta orientale : rôle de la pédogénèse dans la destruction des cuirasses et le façonnement des modelés. Bull. liaison, thème B, ORSTOM, 2, p. 39-53.
- LEVEQUE (A.), 1963.- Les sols développés sur le Bouclier antécambrien guyanais. IFAT. Cayenne., multigr. 244 p.
- LEVEQUE (A.), 1975.- Pédogénèse sur le socle granito-gneissique du Togo. Différenciation des sols et remaniements superficiels. Thèse Sci. Univ. Strasbourg. N°CNRS A.O. 11485. 301 p.
- LORIUS (J.), DUPLESSY (J.-C.), 1977.- Les grands changements climatiques. La Recherche, 8 (83), p. 947-955.
- Mc CONNELL (R.-B.), CANNON (R.-T.), 1969.- Distribution and provisional correlation of the precambrian of the Guiana shield.
- MAIGNIEN (R.), 1958.- Le cuirassement des sols en Guinée. Afrique occidentale. Mém. Serv. Carte géol. Als. Lor. n°16, Strasbourg, 239 p.
- MAIGNIEN (R.), 1968.- Les sols ferrugineux tropicaux. Unités pédogénétiques. ORSTOM, Paris, 34 p. multigr.
- MARIUS (Cl.), LEVEQUE (A.), SOURDAT (M.), ROSTAN (J.-J.), 1965.- Etude pédologique de la feuille au 1/50.000. Cayenne, ORSTOM. Paris.
- MARIUS (Cl.), 1966.- Notes sur les sols du bassin versant de la crique Grégoire-Sinnamary-Guyane française. ORSTOM, Cayenne, multigr.
- MARTIN (D.), 1966.- L'hydromorphie dans les sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., IV, n°4, p. 39-43.
- MARTIN (D.), 1971-1972.- Comm. personnelles.
- MARTIN (D.), 1973.- Les horizons supérieurs des sols ferrallitiques sous forêt et sous savane du centre Cameroun. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., XI, n°2, p. 155-179.
- MAZEAS (J.-P.), BARRUOL (J.), CHOUBERT (B.), DEPAGNE (J.), LELONG (F.), 1961.- Carte géologique au 1/100.000, feuille Iracoubo et notice explicative. Serv. Carte Géol. France. Départ. Guyane. Paris, Impr. Natan.
- MILLOT (G.), 1964.- Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p.
- MILLOT (G.), BONIFAS (M.), 1965.- Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latérisation et de bauxitisation. Bull. Serv. Carte Géol. Als-Lorr. 8, p. 3-10.

- MISSET (A.), 1967.- Carte pédologique au 1/50.000 du littoral guyanais entre Iracoubo et Organabo. ORSTOM, Cayenne. Multigr. 75 p.
- MISSET (A.), BLANCANEUX (Ph.), 1969.- Reconnaissance pédologique de la Guyane française méridionale (Haut Approuague). ORSTOM, Cayenne, multigr. 6 p., 12 doss. Caract. Anal. P. 105
- MULLER (J.-P.), 1972.- Etude macromorphologique des sols appauvris en argile au Gabon. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., X, n°1, p. 77-93.
- MULLER (J.-P.), 1977.- La microlyse plasmique et la différenciation des épipédons dans les sols ferrallitiques rouges du centre Cameroun. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., XV, n°4, p. 345-359.
- NALOVIC (L.-B.-J.), 1973-1978.- Comm. personnelles.
- OLDEMAN (R.A.A.), 1966.- Aperçu de la forêt du bassin versant de la crique Grégoire. Note technique. ORSTOM, Cayenne. Multigr.
- OLDEMAN (R.A.A.), 1968-1972.- Comm. personnelles.
- OLDEMAN (R.A.A.), 1970.- L'architecture de la végétation ripicole forestière des fleuves et criques guyanais. Adansonia, sér. 2, 12 (2), p. 253-265.
- OLDEMAN (R.A.A.), 1972.- L'architecture de la forêt guyanaise. Thèse d'Etat. Fac. Sci. Montpellier. N°CNRS A07787, 247 p. 113 pl. ORSTOM.
- PAQUET (H.), 1969.- Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées. Thèse Sci. Strasbourg, 348 p. multigr.
- PEDRO (G.), CHAUVEL (A.), 1973.- Sur la nature et l'importance relative des principaux mécanismes intervenant dans le processus de lessivage pédologique. C.R. Acad. Sci., Paris, t.277, p. 1133-1136.
- PELLOUX (P.), 1974-1979.- Comm. personnelles. ORSTOM. Bondy.
- PERELMAN (A.-I.), 1965.- Particularités de la migration hypergène des éléments chimiques dans le contexte géologique et de paysage différent. Comité Géol. d'Etat de l'URSS. Moscou (Trad. Française, 113 p.).
- PERELMAN (A.-I.), 1967.- Geochemistry of epigenesis. Plenum press, New-York, 266 p.
- PINTA (M.), 1974-1979.- Comm. personnelles. ORSTOM. Bondy.
- POUYLLAU (M.) et BLANCANEUX (Ph.), 1976.- Inventario geomorfológico del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar. Cuenca del Ventuari y Orinoco medio. Venezuela. Comm. IVème Congrès vénézuélien de la Science du Sol. Maturin-Vénézuéla. 8 p., 7 fig. ORSTOM/DGRH-MOP-Div. de Suelos-Caracas. Multigr.
- PRANCE (G.-T.), 1973.- Phytogeographic support for the theory of pleistocene refuges in the Amazon Basin, based on evidence from distribution patterns in Caryocaraceae, Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae and Lecythidaceae. Acta Amazonica, 3 (3), p. 5-28.

- ROCHE (M.-A.), 1975-1976.- Comm. personnelles.
- ROCHE (M.-A.), 1978.- Les bassins versants expérimentaux ECEREX en Guyane française. Etude comparative des écoulements et de l'érosion sous forêt tropicale humide. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol. p. 6, 6 fig.
- ROCHE (M.-A.), 1978.- Objectifs et méthodologie d'étude comparative sur l'hydrologie et l'érosion des bassins versants expérimentaux ECEREX. Bull. liaison DRST, n°1, 8 p., 2 fig.
- RODIER (J.-A.), 1976.- Estimation des débits de crues décennales pour les petits bassins forestiers en Afrique tropicale. Etude préliminaire. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol. Vol. XIII, 4, p.243-267.
- ROOSE (E.), 1968.- Un dispositif de mesure du lessivage oblique dans les sols en place. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., VI, n°2, p.235-249.
- ROOSE (E.), 1968.- Erosion en nappe et lessivage oblique dans quelques sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire. Comm. 6ème Conf. Bien. WASA Abidjan, 15 p.
- ROOSE (E.), 1970.- Importance relative de l'érosion, du drainage oblique et vertical dans la pédogénèse actuelle d'un sol ferrallitique de moyenne Côte d'Ivoire. Divo, campagne 1968-1969. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., VIII, n°4, p. 469-482.
- ROOSE (E.), 1973.- Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion hydrique et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire. Thèse Sci. Doct. Ing. Fac. Sci. Abidjan 1973, n°20. ORSTOM, multigr. 123 p.
- ROOSE (E.), 1978.- Pédogénèse actuelle d'un sol ferrugineux issu de granite sous une savane arborée du plateau Mossi (Haute-Volta). Gorse : campagnes 1968-1974. ORSTOM, Paris, multigr. 121 p.
- ROOSE (E.), 1980.- Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées. Thèse Univ. Orléans, 587 p.
- SANCHEZ (V.), 1976 - Sistema de manejo de óxisoles y ultisoles en los trópicos húmedos . Resumen de la conferencia presentada ante el IV congreso Nat. de la Soc. Venez. de la ciencia del suelo . Maturin, Venezuela. multigr.
- SARRAILH (J.-M.), 1983.- Les parcelles élémentaires d'étude du ruissellement et de l'érosion. Programme ECEREX. Journées de Cayenne, 1983. 6 p., 2 fig.
- SCHULZ (J.-P.), 1960.- Ecological studies on rain forest in northern Suriname. Verh. Kon. Ned. Adad. Wetensch., afdt. Natuurk., Zeeks 2, 53 (1) : 1-267. Ed. : Noord Holl. vitg. mij., Amsterdam.
- SEGALIN (P.), 1964.- Le fer dans les sols. Init. Doc. Techn. ORSTOM, n°XXX, 4, Paris, IV, 151 p.

- SEGALEN (P.), 1968.- Notes sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., vol. IV, n°1, p. 105-125.
- SEGALEN (P.), 1973.- L'aluminium dans les sols. Init. Doc. Techn. ORSTOM, n°22, Paris, 281 p.
- SEGALEN (P.), 1968-1979.- Comm. personnelles.
- SIEFFERMAN (G.), 1975-1976.- Comm. personnelles.
- TARDY (Y.), 1969.- Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse Sci. Strasbourg, 274 p., multigr.
- THIAIS (J.-L.), 1967.- L'analyse des sols au centre ORSTOM de Cayenne. Lab. Chimie. ORSTOM, Cayenne, multigr., 92 p.
- THIAIS (J.-L.), 1970.- Aperçu sur la nature physique des sols en place du microbassin versant de Grégoire. ORSTOM, Cayenne, multigr., 3 p., 1 pl.
- THIEBAUD (M.).- in CHOUBERT, 1974. Rapports ORSTOM, inédits. Analyses chimiques.
- TRICARD (J.), 1965.- Le modelé des régions chaudes, forêts et savanes. Paris, SEDES, 322 p.
- TRICARD (J.), 1969.- Les études françaises du quaternaire sud-américain in Etudes Françaises sur le quaternaire. VII Congr. Intern. INQUA, Paris, suppl., bul. AFEQ, 276 p., 6 phot., n°17, p. 251-284.
- TRICARD (J.), 1974.- Existence de périodes sèches au quaternaire en Amazonie et dans les régions voisines. Rev. Géom. Dyn., XXIII année, n°4, p. 145-158.
- TURC (L.), 1961.- Evaluation des besoins en cas d'irrigation, évapotranspiration potentielle. Formule climatique simplifiée et mise à jour. Ann. Agronom. 12, 1, p. 13-49.
- TURENNE (J.-F.), 1969.- Déforestation et préparation du sol par brûlis. Modification des caractères physico-chimiques de l'horizon supérieur du sol. Com. 7ème Congr. Intern. Carribean Food Crops Society, Martinique. C.R. CFCS, Vol. VI, p. 294-304.
- TURENNE (J.-F.), 1973.- Notice explicative n°49. Carte pédologique Mana-Saint-Laurent SE et SO. Guyane française au 1/50.000. ORSTOM, Paris, II, 110 p.
- TURENNE (J.-F.), 1977.- Modes d'humification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaises. Mém. ORSTOM, n°84. Paris, 1977, 162 p.
- TURENNE (J.-F.), 1983.- Evolution de la matière organique en milieu forestier guyanais. Action concertée DRST-ECEREX. Journées de Cayenne, 1983. ORSTOM, 7 p.

- U.S.D.A., 1960, 1969, 1974.- Soil Taxonomy. A comprehensive system.
7 th Approximation. Soil Survey staff, Soil conservation
service. 1 vol., 295 p., multigr.
- VAN der HAMMEN (T.), 1972.- Changes in variation and climate in the Amazon
basin and surrounding areas during the pleistocene. *Géologie
en Mijnbouw*, 51 (6), p. 641-643.
- VAN der HAMMEN (T.), 1974.- The pleistocene changes of vegetation and climate
in tropical south America. *Journ. of Biogeog.* 1, p. 3-26.
- VAN DONSELAAR (J.), 1968.- Phytogeographic notes on the savana flora of
Southern Surinam (South America). *Acta Bot. Neerland.*, 17 (5)
p. 393-404.
- VANZOLINI (P.-E.), AB'SABER (A.-N.), 1968.- Divergence rates in South Ameri-
can Lizards of the genus *Liolaenus* (Sauria, iguanidae). *Papeis
Avulsos zool. Sao Paulo*, 31, p. 205-208.
- VERDONI (P.), 1976.- Comm. personnelles. ORSTOM, Bondy.
- ZONNEVELD (J.-L.-S.), 1968.- Quaternary climatic changes in the caribbean
and South America. *Elzeitalter Genenw.* 10, p. 203-208.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

=====

- Tableaux n° 8 à 22.- Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence I.....	279
- Tableaux n°23 à 29.- Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence II.....	287
- Tableaux n°30 à 34.- Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence III.....	290
- Tableaux n°35 à 37.- Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence IV.....	293
- Tableau n°38.- Analyses totales par attaque triacide avec analyse du résidu par $\text{FH}+\text{SO}_4\text{H}_2$ - Profil BGF 5.....	295
- Tableau n°39.- Analyses totales par attaque triacide avec analyse du résidu par $\text{FH}+\text{SO}_4\text{H}_2$ - Profil BGF 8'.....	295
- Tableau n°40.- Analyses totales par attaque triacide avec analyse du résidu par $\text{FH}+\text{ClO}_4\text{H}$ et fusion par CO_3Na_2 . Fraction supérieure à 2 mm.....	296
- Tableau n°41.- Densité apparente et porosité des mottes. Profils BGF 5, 6, 7 et 8'.....	296
- Planches photographiques	
+ Parcelle d'érosion et de lessivage oblique de Grégoire - Photographies n°1 à 9.....	297
+ Le bassin versant de Grégoire à 1/50.0000 d'après photographie aérienne de l'I.G.N. n°407, série 01 50 de la Guyane française.....	305
Photographie n° 10	

Tableau n° 8 caractéristiques analytiques des sols de la Toposequence I.

Profil BGF 5

Numero du sac	51	52	53	54	55	56	57	58	59	59.1	59.2	59.3	59.4	59.5	59.6	59.7
Profondeur minimale en cm	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	25,0	29,5	36,0	45,0
Profondeur maximale en cm	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0	26,0	31,5	38,0	46,0
Refus 2 mm	11,2	20,8	18,9	17,5	13,2	12,1	16,4	19,8	25,6	25,5	43,8	32,0	9,6	13,4	13,6	27,5
Argile 10 ⁻²	20,5	26,8	32,3	33,6	36,5	39,4	39,3	26,4	18,3	17,2	15,7	15,2	16,9	14,5	16,1	14,5
Limons fin 2 à 20µ	6,6	9,6	5,1	4,7	5,1	5,7	6,7	6,2	7,0	8,4	9,1	10,8	13,6	12,4	13,7	10,5
Limons grossier 20 à 50µ	1,8	2,2	2,1	1,8	2,0	2,2	2,1	1,6	1,5	1,8	1,8	2,3	3,6	3,2	3,4	3,3
Sable fin 50 à 200µ	14,1	12,0	11,7	9,9	10,6	11,3	10,6	5,9	4,4	4,7	5,1	5,7	8,1	7,7	7,7	6,1
Sable grossier	58,8	52,6	48,5	49,6	46,0	41,5	41,2	60,0	68,8	68,2	67,5	66,2	58,1	62,7	59,5	65,8
Matière organique 10 ⁻³	32,8	17,4	10,1	8,8	6,5	4,9	3,5	2,0	2,7	1,8	1,7					
Carbone 10 ⁻³	10,99	10,08	5,82	5,12	3,78	2,83	2,01	1,16	1,58	1,05	0,98					
Azote 10 ⁻³	1,50	1,12	0,66	0,63	0,49	0,63	0,49	0,35	0,35	0,31	0,28					
C/N	12,7	9,0	8,8	8,1	7,4	4,5	4,1	3,3	4,5	3,4	3,5					
pH eau 1/2,5	4,85	4,40	4,50	4,70	4,70	4,55	4,70	4,75	4,60	4,70	4,70	4,65	4,60	4,60	4,55	4,50
Capacité d'échange en me																
Ca ⁺⁺	0,600	0,148	0,092	0,080	0,080	0,090	0,080	0,033	0,180	0,033	0,090	0,034	0,111	0,035	0,130	0,095
Mg ⁺⁺	0,316	0,052	0,021	0,018	0,018	0,038	0,027	0,004	0,021	0,006	0,018	0,008	0,029	0,006	0,026	0,015
K ⁺	0,019	0,008	0,005	0,006	0,008	0,010	0,006	0,002	0,009	0,003	0,009	0,006	0,005	0,004	0,014	0,008
Na ⁺	0,156	0,049	0,023	0,025	0,021	0,024	0,025	0,008	0,026	0,010	0,014	0,015	0,003	0,010	0,049	0,020
Capacité d'échange somme des bases me	3,60	3,10	2,75	2,85	2,05	2,90	2,55	3,95	1,80	2,15	2,05	2,50	6,50	2,70	4,60	1,70
Taux de saturation	1,091	0,257	0,141	0,129	0,127	0,162	0,138	0,047	0,236	0,052	0,131	0,063	0,154	0,055	0,219	0,138
Phosphore total 10 ⁻³	0,16	0,07	0,04	-	0,06	0,08	-	0,12								
Fer total % Fe ₂ O ₃	2,5	3,2	3,4	3,6	4,7	4,5	3,6	3,6	2,9	2,8	2,7	2,3	2,3	2,3	2,0	2,2
Fer libre % Fe ₂ O ₃	1,55	1,76	1,82	2,32	2,53	2,53	2,64	2,62	1,97	2,12	2,22	1,94	1,97	2,09	1,99	1,87

Tableau n° 9 caractéristiques analytiques des sols de la Toposequence I.

Profil BGF 51

Numero du sac	511	512	513	514	515	516	517	518	519	519.1	519.2
Profondeur minimale en cm	0	4,0	9,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	35,0	44,0	50,0
Profondeur maximale	2,0	6,0	10,0	14,0	18,0	22,0	26,0	30,0	37,0	46,0	52,0
Refus 2 mm	5,7	16,2	11,5	11,8	23,7	18,9	13,9	11,7	8,1	6,1	14,5
Argile 10 ⁻²	20,1	29,1	38,6	39,8	30,8	19,0	15,6	18,5	15,5	22,5	18,2
Limons fin	5,0	5,3	5,5	5,2	7,5	8,8	10,2	12,1	12,8	14,2	11,8
Limons grossier	1,8	2,3	2,2	1,9	2,3	2,5	3,2	3,4	4,0	3,8	3,0
Sable fin	10,9	12,7	12,5	11,2	10,5	8,4	10,1	9,8	9,5	9,4	9,1
Sable grossier	60,5	50,0	41,2	42,3	49,4	61,8	61,5	56,9	59,0	51,1	58,6
Matière organique 10 ⁻³	28,72	15,11	6,71	5,11	4,02	1,86	1,31	0,88			
Carbone 10 ⁻³	16,65	8,76	3,89	2,96	2,33	1,08	0,76	0,51			
Azote 10 ⁻³	1,19	0,73	0,38	0,31	0,31	0,17	0,14	0,14			
C/N	13,99	12,00	10,24	9,55	7,52	6,35	5,43	3,64			
pH eau 1/2,5	5,5	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,3	5,0	5,1	5,2
Capacité d'échange en me											
Ca ⁺⁺	0,97	0,11	0,06	0,02	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Mg ⁺⁺	0,18	0,04	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
K ⁺	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na ⁺	<0,01	0,02	0,02	0,01	0,05	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,06
Capacité d'échange somme des bases me	3,45	3,65	2,35	2,00	1,60	1,00	0,95	0,75	1,15	1,90	1,30
Taux de saturation	1,18	0,19	0,10	0,05	0,08	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,09
Phosphore total 10 ⁻³	34,2	5,2	4,3	2,5	5,0	4,0	4,2	4,0	4,3	2,6	6,9
Fer total Fe ₂ O ₃ %	2,54	3,49	4,16	4,84	3,89	2,68	2,14	2,56	2,30	2,33	2,10
Fer libre Fe ₂ O ₃ %	1,47	1,76	2,22	2,40	2,32	1,68	1,40	1,46	1,48	1,71	1,49

Tableau n° 10 -
Profil BGF 52

caractéristiques analytiques des sols de la
Toposequence I.

Numéro du sac	521	522	523	524	525	526	527	528	529	529-1	5292
Profondeur minimale	0	40	80	120	160	200	240	280	350	440	500
Profondeur maximale	20	60	100	140	180	220	260	300	370	460	520
Refus	12,7	15,2	19,6	26,8	19,8	15,1	14,1	11,6	11,4	9,6	12,9
Argile 10 ⁻²	2,16	36,5	32,5	30,4	17,2	12,3	6,8	10,2	10,6	14,1	17,7
Limon fin	4,3	5,2	5,8	7,5	8,4	8,6	8,0	13,2	11,6	13,5	13,7
Limon grossier	2,0	2,8	2,3	2,4	3,8	3,0	4,2	4,2	4,2	4,1	3,6
Sable fin	12,8	12,4	12,2	11,4	7,5	9,3	13,4	12,5	12,4	11,0	10,6
Sable grossier	57,7	43,9	46,7	48,7	64,7	67,1	67,8	60,9	61,8	58,7	55,6
Matière organique 10 ⁻³	24,0	7,38	5,14	4,07	1,98	1,60	1,21	0,97			
Carbone 10 ⁻³	13,96	4,28	2,98	2,36	1,15	0,93	0,70	0,56			
Azote 10 ⁻³	1,08	0,42	0,31	0,21	0,17	0,14	0,14	0,10			
C/N	12,93	10,19	9,61	11,24	6,76	6,64	5,0	5,60			
pH eau 1/2,5	5,0	5,2	5,3	5,2	5,1	5,1	5,0	5,2	5,3	5,2	4,9
Cations échangeables en me											
Ca ⁺⁺	0,34	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,01	0,01	<0,01	0,01
Mg ⁺⁺	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,02	0,03
K ⁺	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Na ⁺	0,06	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	<0,01	0,07	0,04	0,06	0,08
Capacité d'échange	3,10	2,25	1,80	1,50	1,35	0,80	0,40	0,75	0,85	1,60	2,00
Somme des bases	0,55	0,09	0,08	0,04	-	<0,01	-	0,10	0,06	0,09	0,12
Taux de saturation	17,7	4,0	4,4	2,7	-	1,3	-	13,3	7,1	5,6	6,0
Phosphore total 10 ⁻³	0,16	0,15	0,14								
Fer total Fe ₂ O ₃ %	2,50	4,26	3,76	3,73	2,79	3,04	2,13	2,58	2,50	2,06	2,23
Fer libre Fe ₂ O ₃ %	1,36	2,03	1,89	1,90	1,82	1,92	1,42	1,54	1,59	1,55	1,52

Tableau n° 11 -
Profil BGF 53

caractéristiques analytiques des sols de la
Toposequence II

Numéro du sac	531	532	533	534	535	536	537	538	539	539-1	5392
Profondeur minimale en cm	0	40	80	120	160	200	240	280	350	440	500
Profondeur maximale	20	60	100	140	180	220	260	300	370	460	520
Refus	11,6	15,0	19,3	25,1	17,0	12,4	14,2	11,5	10,9	12,6	6,0
Argile 10 ⁻²	24,1	31,0	31,0	30,0	20,7	15,9	15,2	21,3	20,1	17,3	17,4
Limon fin	5,3	5,6	5,9	7,4	7,1	7,7	8,0	10,1	10,0	9,8	10,8
Limon grossier	2,1	2,3	2,6	2,7	2,1	2,3	2,4	2,7	9,7	2,5	3,1
Sable fin	13,4	12,6	12,8	10,7	7,4	10,0	8,2	8,3	7,2	6,4	7,4
Sable grossier	53,4	48,6	48,1	49,9	62,9	64,5	66,3	58,0	61,0	64,5	62,2
Matière organique 10 ⁻³	29,80	8,42	6,09	4,53	2,29	1,88	1,83	1,66			
Carbone 10 ⁻³	17,28	4,88	3,53	2,66	1,33	1,09	1,05	0,95			
Azote 10 ⁻³	1,12	0,38	0,35	0,17	0,14	0,14	0,14	0,10			
C/N	15,43	12,84	10,09	15,65	9,50	7,79	7,57	9,60			
pH eau 1/2,5	4,6	4,8	4,7	4,8	4,8	5,1	5,5	5,4	5,2	4,9	5,1
Cations échangeables en me											
Ca ⁺⁺	0,13	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Mg ⁺⁺	0,05	0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
K ⁺	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na ⁺	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,01	0,10	0,05	0,04	0,05	0,06
Capacité d'échange	3,85	1,85	1,65	1,60	0,95	0,70	1,10	1,45	1,75	1,25	1,35
Somme des bases	0,24	0,10	0,08	0,08	0,08	0,04	0,09	0,09	0,05	0,06	0,07
Taux de saturation	6,2	5,4	4,8	5,0	8,4	5,7	8,2	6,2	2,9	4,8	5,2
Phosphore total 10 ⁻³	0,13	0,12	0,16								
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	2,82	3,03	3,63	4,06	3,66	3,07	3,03	3,10	2,95	2,94	2,75
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,49	1,94	2,08	2,18	2,11	2,19	1,82	1,82	1,97	1,99	1,81

Tableau n° 12.

caractéristiques analytiques des sols de la
Tofosequence I

Profil BGF₆

Numéro du sac	61	62	63	64	65	66	67	68	69	69.1	69.2	69.3
Profondeur minimale en cm	0	20	45	70	100	130	160	180	250	300	380	440
Profondeur maximale	15	40	65	90	120	150	180	200	270	320	400	460
Refus	10,2	18,5	49,0	33,0	15,7	11,4	26,7	27,9	23,9	12,0	10,0	11,3
Argile 10 ⁻²	19,7	31,1	37,3	40,5	34,0	27,7	26,4	21,7	21,7	18,6	14,6	14,0
Limon fin	4,2	5,6	6,4	7,0	8,4	11,1	13,8	13,5	17,1	17,4	18,5	20,1
Limon grossier	1,8	2,6	2,8	2,7	2,5	2,9	3,8	4,0	6,2	5,7	7,4	7,4
Sable fin	12,5	14,6	13,9	12,8	8,6	7,1	8,6	7,6	6,7	6,3	7,2	10,4
Sable grossier	60,7	46,4	40,0	37,9	47,2	52,4	48,9	54,3	50,3	53,1	53,8	49,9
Matière organique 10 ⁻³	29,0	12,0	8,0	6,0								
Carbone 10 ⁻³	17,0	7,1	4,5	3,3								
Azote 10 ⁻³	1,43	0,80	0,66	0,52								
C/N	11,9	8,9	6,8	6,4								
pH eau 1/2,5	4,5	5,4	5,2	5,2	5,2	5,6	5,6	5,6	4,45	4,50	4,80	4,50
Cations échangeables en ml												
Ca ⁺⁺	0,32	0,03	0,07	0,06	1,2	0,02	0,05	0,02	0,055	0,036	0,031	0,125
Mg ⁺⁺	0,29	0,05	0,05	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,021	0,016	0,017	0,015
K ⁺	0,16	0,02	0,06	0,01	1,2	0,01	0,01	0,01	0,016	0,007	0,005	0,009
Na ⁺	0,24	0,03	0,08	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,033	0,022	0,008	0,024
Capacité d'échange	4,10	2,85	1,25	1,65	1,75	3,00	3,55	3,50	6,65	5,95	8,80	5,80
Somme des bases	1,01	0,13	0,26	0,13	0,03	0,06	0,11	0,16	0,125	0,081	0,061	0,173
Taux de saturation	24,6	5,5	20,8	7,9	1,7	2,0	3,1	4,6	1,88	1,36	0,69	2,98
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,92	3,12	3,07	3,72	3,72	3,11	2,70	2,39	2,45	2,60	2,11	2,28
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,32	2,08	2,44	2,38	2,38	2,54	1,96	1,63	1,90	1,93	1,86	1,82

Tableau n° 13.

caractéristiques analytiques des sols de la
Tofosequence I.

Profil BGF₆₁

Numéro du sac	61.1	61.2	61.3	61.4	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	61.9.1	61.9.2
Profondeur minimale en cm	0	40	80	120	160	200	240	280	350	440	500
Profondeur maximale	20	60	100	140	180	220	260	300	370	460	520
Refus	13,1	14,1	12,9	23,8	10,4	16,5	14,2	16,3	19,4	11,2	18,2
Argile 10 ⁻²	18,1	27,9	32,9	34,3	26,4	26,8	26,1	27,9	37,0	32,7	32,7
Limon fin	3,9	5,3	6,6	13,2	13,6	15,4	17,2	19,3	24,9	23,8	25,9
Limon grossier	1,9	2,3	2,3	2,9	3,0	2,9	3,2	2,9	2,1	2,7	2,8
Sable fin	11,5	11,6	10,1	6,3	4,7	5,3	4,6	4,8	4,7	7,3	7,6
Sable grossier	62,1	53,2	48,1	43,7	53,2	50,7	50,0	46,4	32,5	34,6	32,6
Matière organique 10 ⁻³	35,79	10,80	6,71	1,60	2,23	1,83	1,86	1,81			
Carbone 10 ⁻³	20,75	6,26	3,89	0,93	1,29	1,06	1,08	1,05			
Azote 10 ⁻³	1,50	0,59	0,45	0,17	0,24	0,21	0,21	0,14			
C/N	13,83	10,61	8,64	5,47	5,38	5,05	5,14	7,50			
pH eau 1/2,5	4,7	5,2	5,2	5,1	5,2	5,4	5,2	4,9	4,9	4,9	5,1
Cations échangeables en ml											
Ca ⁺⁺	0,15	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg ⁺⁺	2,88	0,06	0,04	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
K ⁺	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,18	0,05	0,01
Na ⁺	0,01	0,05	0,03	0,06	0,04	0,07	0,03	0,07	0,04	0,03	0,07
Capacité d'échange	4,75	2,80	3,30	2,60	2,15	2,05	2,40	5,45	4,30	3,10	4,10
Somme des bases	3,05	0,20	0,09	0,13	0,12	0,12	0,07	0,15	0,25	0,10	0,12
Taux de saturation	64,2	7,1	2,7	5,0	5,6	5,9	2,9	2,8	5,8	3,2	2,9
Phosphore total 10 ⁻³	0,20	0,13	0,15								
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	2,35	3,04	3,72	2,65	2,10	1,97	1,56	1,52	1,60	2,39	1,78
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,59	1,34	2,13	1,75	1,55	1,50	1,13	1,18	1,14	1,98	1,40

Tableau n° 14. caractéristiques analytiques des sols de la To posequence I.

Profil BGF 7

Noméro du sac	71	72	73	74	75	76	77	78	79	791	792	793	794	795
Profondeur minimale en cm	0	10	20	40	70	110	140	170	200	300	350	400	480	530
Profondeur maximale	10	20	40	60	90	130	160	190	220	320	360	420	500	550
Refus	8,9	14,2	12,9	14,2	33,2	21,0	17,2	33,0						
Argile 10-2	21,8	27,6	32,0	36,1	34,1	42,1	40,8	38,1	27,0	18,7	15,4	16,9	12,2	15,0
Limon fin	3,7	4,7	5,1	5,1	4,5	6,6	8,0	8,7	10,2	15,7	15,4	16,2	16,0	18,0
Limon grossier	2,1	2,5	2,5	2,7	2,1	2,2	2,4	2,5	3,3	7,3	6,6	8,0	8,1	7,3
Sable fin	16,7	17,0	15,0	16,4	11,7	8,5	7,1	7,4	6,6	11,0	10,2	15,1	19,2	17,5
Sable grossier	54,3	47,3	45,4	39,6	47,7	41,1	42,7	43,7	54,0	48,6	53,6	45,4	46,6	43,5
Matière organique 10-3	31,0	16,0	13,0	9,0	7,0									
Carbone 10-3	17,8	9,5	7,5	5,2	4,3									
Azote 10-3	1,36	0,94	0,84	0,70	0,59									
C/N	13,1	10,1	8,9	7,5	7,3									
pH eau 1/2,5	4,9	5,5	5,3	5,1	5,3	5,5	5,5	5,6	4,70	5,05	5,00	5,00	5,20	5,00
Capacité d'échange	0,22	0,02	0,01	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	0,054	0,131	0,049	0,110	0,100	0,080
Ca++	0,14	0,06	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,012	0,048	0,038	0,050	0,050	0,040
Mg++	0,14	0,05	0,04	0,03	0,06	0,01	0,02	0,03	0,006	0,010	0,008	0,020	0,020	0,010
K+	0,05	0,04	0,04	0,04	0,08	0,02	0,03	0,04	0,310	0,209	0,118	0,010	0,020	0,010
Na+	4,00	2,65	2,75	2,50	3,35	2,20	4,00	4,25	3,65	8,55	6,45	3,70	2,30	4,20
Somme des bases	0,55	0,17	0,12	0,10	0,21	0,11	0,11	0,14	0,103	0,209	0,118	0,190	0,190	0,140
Taux de saturation	13,80	6,40	4,40	4,00	6,30	5,00	2,80	2,82	2,82	2,44	1,83	6,10	8,30	3,30
Phosphore total 10-3	0,375	0,394	0,356	0,244	0,356									
Fer total Fe2O3 10-2	1,83	2,16	2,92	3,19	3,60	3,39	3,55	3,60	2,27	1,65	2,23	2,10	2,76	0,49
Fer libre Fe2O3 10-2	1,44	1,53	2,04	1,87	2,33	2,40	2,48	2,27	1,89	1,30	1,82	1,68	1,99	0,20

Tableau n° 15 caractéristiques analytiques des sols de la To posequence I.

Profil BGF 71

Noméro du sac	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722
Profondeur minimale en cm	0	30	60	110	150	180	240	300	350	400	460	510
Profondeur maximale	15	50	80	130	170	200	260	320	370	420	480	530
Refus	5	10,1	12,9	12,2	14,6	17,5	13,7	24,7	24,1	16,6	20,4	22,6
Argile 10-2	24,6	27,9	33,9	39,9	38,5	38,1	40,6	38,0	30,9	21,9	19,0	20,1
Limon fin	4,3	5,4	5,3	4,8	5,6	6,5	7,5	9,8	13,8	15,8	19,2	21,2
Limon grossier	2,2	2,3	2,7	1,8	1,6	1,8	2,0	2,6	4,3	5,6	7,5	7,8
Sable fin	15,3	14,2	15,9	10,1	8,0	7,8	7,2	6,9	6,8	7,6	9,4	8,5
Sable grossier	59,0	50,1	41,9	42,5	46,8	46,2	42,8	43,2	45,2	50,4	46,8	44,3
Matière organique 10-3	35,72	8,95	7,40	5,99	4,67							
Carbone 10-3	20,71	5,19	4,29	3,47	2,71							
Azote 10-3	1,29	0,49	0,45	0,35	0,35							
C/N	16,1	10,6	9,5	9,9	7,7							
pH eau 1/2,5	4,4	5,1	5,2	6,0	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	4,8	5,2	5,0
Fer total Fe2O3 10-2	2,22	2,80	3,16	4,54	3,93	3,98	3,05	3,16	2,36	1,76	-	-
Fer libre Fe2O3 10-2	1,60	1,92	2,50	2,75	2,78	2,44	2,12	1,70	1,65	1,28		

Tableau N° 16

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposequence I

Profil BGF 8'

Numéro du sac	81'	82'	83'	84'	85'	86'	87'	88'	89'	89A'	892'	893'	894'	895'	896'
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	220	227	280	340	380
Profondeur maximale	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	227	237	290	350	396
Refus	10,2	14,5	9,7	8,7	16,4	9,3	2,2	3,8	-	1,9	4,0	12,1	12,7	13,1	31,4
Argile 10-2	18,3	28,7	30,9	38,7	50,7	57,6	66,4	60,1	59,7	56,7	53,4	34,8	32,4	33,5	28,0
Limons fin	9,9	4,6	4,4	5,2	8,6	11,5	16,2	17,2	20,9	19,6	17,3	5,9	4,7	3,4	3,8
Limons grossier	1,7	2,3	2,1	1,9	1,8	1,8	2,3	2,8	2,9	2,7	1,4	1,3	1,2	0,9	1,0
Sable fin	11,2	12,5	10,9	9,4	5,3	4,2	4,2	4,4	6,6	6,9	5,2	7,0	6,8	5,7	5,8
Sable grossier	62,7	51,7	51,7	44,5	33,9	25,4	11,5	16,6	10,6	15,1	23,3	52,1	55,3	57,0	61,8
Matière organique 10-3	37,20	10,40	8,40	5,40	5,90	4,70	4,70	3,50							
Carbone 10-3	21,53	6,03	4,89	3,14	3,42	2,72	2,71	2,10							
Azote 10-3	1,68	0,77	0,80	1,64	0,70	0,70	0,80	0,77							
C/N	12,8	7,8	6,1	1,9	4,9	3,9	3,4	2,7							
pH eau 1/2,5	4,35	4,50	4,50	4,35	4,50	4,55	4,60	4,75	4,50	4,50	4,40	4,45	4,40	4,70	4,50
Cations échangeables en me	Ca++	0,054	0,313	0,264	0,299	0,262	0,299	0,254	0,064	0,428	0,346	0,257	0,113	0,040	0,124
	Mg++	0,232	0,074	0,047	0,074	0,070	0,062	0,076	0,106	0,132	0,100	0,096	0,045	0,028	0,034
	K+	0,021	0,016	0,008	0,015	0,005	0,002	0,004	0,003	0,010	0,004	0,010	0,004	0,003	0,005
	Na+	0,082	0,030	0,011	0,018	0,018	0,012	0,021	0,046	0,042	0,025	0,030	0,012	0,006	0,011
Capacité d'échange		5,70	3,15	2,80	3,40	3,55	6,45	10,95	6,05	9,20	8,95	9,75	3,65	2,10	3,75
Somme des bases		0,389	0,433	0,330	0,406	0,355	0,375	0,355	0,225	0,622	0,475	0,393	0,174	0,077	0,174
Taux de saturation		6,81	13,73	11,78	11,94	10,01	5,81	3,24	3,71	6,67	5,32	4,05	4,77	3,67	4,65
Phosphore total 10-3		0,222	0,145	0,058	0,066	-	0,033	-	0,118						18,61
Fer total Fe2O3 10-2		1,9	2,8	3,2	3,8	5,9	9,8	9,3	9,3	11,2	10,3	4,5	1,4	1,0	0,5
Perlibre Fe2O3 10-2		1,3	2,0	2,5	2,8	3,5	7,4	5,8	6,7	8,26	7,17	3,60	1,03	0,79	0,32

Tableau N° 17

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposequence I

Profil BGF 0

Numéro du sac	01	02	03	04	05	06	07	08	09	010	011	012	013	014	015
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	100	120	140	170	200	240	320	510	650	830
Profondeur maximale	10	30	50	70	90	110	130	150	180	220	250	330	530	670	850
Refus	13,4	13,5	15,3	11,4	7,7	6,6	2,8	3,2	11,8	13,6	14,6	47,2	21,2	19,8	22,0
Argile 10-2	19,4	27,4	31,4	38,2	50,0	59,2	62,0	64,9	29,5	32,8	18,5	13,2	10,7	8,9	8,7
Limons fin	5,0	5,6	5,7	6,6	11,0	19,9	23,5	23,8	5,7	6,2	22,7	5,9	18,8	18,2	17,4
Limons grossier	1,7	2,1	2,2	2,2	0,6	1,3	1,3	0,8	0,3	0,0	6,5	1,3	10,0	10,5	6,1
Sable fin	10,6	11,2	11,8	11,1	8,3	6,4	6,0	4,9	5,5	6,6	15,5	4,0	20,4	21,3	27,0
Sable grossier	61,4	53,2	49,3	42,7	29,6	13,2	8,1	5,5	53,6	54,2	38,8	75,8	39,7	40,8	42,3
Matière organique 10-3	34,98	15,65	9,44	7,40	7,87	6,33									
Carbone 10-3	20,28	9,07	5,47	4,29	4,55	3,67									
Azote 10-3	1,57	0,84	0,63	0,52	0,66	0,70									
C/N	12,92	10,80	8,68	8,25	6,91	5,24									
pH eau 1/2,5	4,1	4,2	4,6	4,4	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	4,9	5,1	5,2	5,2	5,3	5,2
Cations échangeables en me	Ca++	0,19	0,09	0,13	0,12	0,11	0,07	0,03	0,06	0,08	0,10	0,25	0,01	0,01	0,01
	Mg++	0,32	0,09	0,07	0,07	0,04	0,09	0,06	0,02	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01
	K+	0,07	0,04	0,02	0,02	0,05	0,06	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Na+	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Capacité d'échange		5,6	3,3	3,1	6,5	5,3	14,8	10,7	2,9	2,9	2,6	3,6	2,0	3,6	4,9
Somme des bases		0,61	0,22	0,23	0,23	0,21	0,22	0,18	0,10	0,22	0,15	0,31	0,04	0,03	0,04
Taux de saturation		10,9	6,7	7,4	3,5	3,3	1,5	1,7	3,4	7,6	5,8	8,6	2,0	0,9	0,8
Phosphore total 10-3	0,192	0,142	0,127	0,225	-	0,114									
Fer total Fe2O3 10-2	2,13	2,92	3,46	4,47	6,61	11,40	9,36	7,22	1,01	0,92	0,14	2,70	2,38	1,99	1,66
Perlibre Fe2O3 10-2	1,42	1,90	2,08	2,56	4,35	6,92	6,00	4,78	0,56	0,40	0,18	2,47	1,78	1,46	1,22

Tableau N° 18 -

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposequence I

Profil BGF 8

Numéro du sac	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Profondeur minimale en cm	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Profondeur maximale	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Refus	11,4	12,4	14,4	17,9	14,4	14,7	10,9	14,8	11,2	15,6	15,1	15,4	13,0	12,4	16,6	18,8
Argile 10 ⁻²	24,8	28,9	32,4	36,0	33,2	36,2	37,6	39,9	44,7	43,5	42,1	38,2	36,6	33,8	29,1	26,6
Limons fin	4,3	5,3	5,8	5,4	5,5	5,2	5,2	5,6	5,7	4,8	4,7	4,7	5,0	4,8	5,0	5,1
Limons grossier	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,0	1,9	1,8	1,9	1,6	1,5	1,3	1,3	1,2	1,4	1,7
Sable fin	12,7	11,9	11,5	12,4	11,6	10,3	9,7	9,5	9,9	8,3	7,5	6,6	6,7	6,2	5,7	5,8
Sable grossier	54,7	51,5	48,1	44,7	47,8	46,3	44,1	41,4	36,1	40,2	43,2	48,3	49,6	55,0	58,4	60,8
Matière organique 10 ⁻³	36,0	23,0	15,0	12,0	9,0	8,0	8,0	7,0	7,0	5,0						
Carbone 10 ⁻³	20,7	13,4	8,8	6,7	5,5	4,7	4,5	4,1	3,8	3,1						
Azote 10 ⁻³	1,71	1,12	0,87	0,77	0,66	0,63	0,66	0,77	0,66	0,58						
C/N																
pH eau 1/2,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,6	5,5						
Cations échangeables																
Ca ⁺⁺	0,31	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	0,02	0,06	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,04
Mg ⁺⁺	0,29	0,16	0,10	0,11	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04
K ⁺	0,14	0,11	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Na ⁺	0,09	0,13	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Capacité d'échange	5,00	3,80	3,10	3,10	2,70	2,25	2,80	2,75	3,40	3,00	6,85	7,80	2,80	3,80		
Somme des bases	0,83	0,47	0,23	0,22	0,15	0,12	0,15	0,18	0,13	0,16	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,11
Taux de saturation	16,6	12,4	7,4	7,1	5,6	5,3	5,4	6,5	3,8	5,3	0,9	0,9	2,1	1,8	1,7	2,0
Phosphore total 10 ⁻³	0,412	0,506	0,300	0,303	0,347	0,422	0,422	0,412	0,393	0,412						
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	2,22	2,29	2,66	2,80	2,94	3,02	2,52	2,96	2,64	3,01	2,72	2,31	1,72	1,64	1,48	1,20
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,56	1,69	1,82	2,00	1,96	2,17	2,09	2,03	1,55	2,36	1,56	1,73	1,23	1,16	1,00	0,80

Tableau N° 19 -

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposequence I.

Profil BGF 8 (suite)

Numéro du sac	97	98	99	100
Profondeur minimale	160	170	180	190
Profondeur maximale	170	180	190	200
Refus	47,8	28,8	18,4	21,1
Argile 10 ⁻²	27,3	32,7	28,8	30,1
Limons fin	11,4	9,6	11,1	13,2
Limons grossier	2,6	3,2	3,9	4,4
Sable fin	6,8	6,7	7,0	6,9
Sable grossier	51,4	47,2	48,5	45,6
pH eau 1/2,5	4,9	5,3	5,3	5,3
Cations échangeables				
Ca ⁺⁺	0,08	0,06	0,06	0,07
Mg ⁺⁺	0,09	0,03	0,04	0,04
K ⁺	0,05	0,02	0,02	0,02
Na ⁺	0,13	0,01	0,02	0,01
Capacité d'échange	3,70	4,10	4,75	6,30
Somme des bases	0,35	0,12	0,14	0,14
Taux de saturation	9,5	2,9	2,9	2,2
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,14	0,99	0,88	0,93
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,80	0,94	0,60	0,67

Tableau N° 20 -

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposequence I.

Profil BGF 81.

Numéro du sac	811	812	813	814	815	816
Profondeur minimale en cm	10	40	80	105	135	190
Profondeur maximale	20	50	90	115	145	200
Refus	13,2	12,1	16,4	60,7	0,6	22,1
Argile 10-2	28,6	30,1	33,7	36,5	25,6	33,9
Limon fin	5,4	5,6	5,3	8,7	15,1	24,9
Limon grossier	2,0	2,0	2,0	2,6	3,5	2,0
Sable fin	9,3	8,3	7,9	6,4	5,7	4,5
Sable grossier	54,1	53,9	51,0	46,4	50,0	34,9
Matière organique 10-3	18,0	13,8	6,2	4,6		
Carbone	10,43	7,98	3,58	2,67		
Azote	1,26	0,98	0,73	0,63		
C/N	8,3	8,1	4,9	4,2		
pH eau 1/2,5	4,45	4,30	4,50	4,65	4,60	4,35
Cations échangeables						
Ca ⁺⁺	0,387	0,371	0,309	0,059	0,043	0,280
Mg ⁺⁺	0,164	0,087	0,127	0,079	0,083	0,081
K ⁺	0,006	0,007	0,025	0,007	0,017	0,005
Na ⁺	0,069	0,020	0,036	0,034	0,018	0,012
Capacité d'échange	3,55	3,10	3,35	2,55	2,80	2,35
Somme des bases	0,626	0,485	0,497	0,176	0,161	0,178
Taux de saturation	17,65	15,67	14,86	6,90	5,48	2,14
Phosphore total 10-2	0,226	0,075	0,058	0,126		
Fer total Fe ₂ O ₃ 10-2	2,4	2,8	3,1	2,8	1,3	1,1
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10-2	1,6	1,9	2,1	2,2	1,0	1,0

Profil BGF 82

Numéro du sac	821	822	823	824
Profondeur minimale	40	80	100	135
Profondeur maximale	50	90	110	145
Refus	13,7	35,2	15,5	15,6
Argile	33,1	33,0	37,3	32,7
Limon fin	4,6	5,5	10,8	21,3
Limon grossier	2,0	2,2	2,9	4,8
Sable fin	9,2	8,2	7,1	8,2
Sable grossier	50,7	46,4	42,8	34,4
pH eau 1/2,5	4,4	4,4	4,5	4,4
Cations échangeables				
Ca ⁺⁺	0,443	0,271	0,291	0,305
Mg ⁺⁺	0,090	0,086	0,070	0,093
K ⁺	0,005	0,006	0,003	0,017
Na ⁺	0,012	0,016	0,006	0,032
Capacité d'échange	12,45	3,40	2,75	4,75
Somme des bases	0,550	0,379	0,370	0,447
Taux de saturation	4,42	11,14	13,47	9,43
Fer total Fe ₂ O ₃ 10-2	2,9	2,9	1,6	1,3
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10-2	1,7	2,2	1,5	1,0

Tableau N° 21 - caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence I.

Profil BGF 83					
Numéro du sac	831	832	833	834	835
Profondeur minimale en cm	10	40	70	90	120
Profondeur maximale	20	50	80	100	130
Refus 2 mm	12,8	11,8	16,9	15,5	17,8
Argile 10 ⁻²	30,0	34,2	36,2	38,8	37,1
limon fin	5,9	5,8	5,9	7,7	14,3
limon grossier	2,0	2,0	2,1	2,2	2,5
sable fin	9,4	8,9	8,8	8,5	6,0
sable grossier	52,4	43,3	47,3	43,4	40,9
Matière organique totale	18,10	9,70	7,10	6,40	4,40
carbone 10 ⁻³	10,49	5,63	4,10	3,68	2,56
Azote 10 ⁻³	1,15	0,84	0,70	0,59	0,52
C/N	9,1	6,7	5,9	6,2	4,9
pH eau 1/2,5	4,50	4,35	4,45	4,55	4,50
Cations échangeables					
Ca ⁺⁺	0,338	0,308	0,066	0,279	0,256
Mg ⁺⁺	0,113	0,055	0,048	0,074	0,077
K ⁺	0,009	0,006	0,023	0,009	0,006
Na ⁺	0,052	0,013	0,039	0,013	0,011
capacité d'échange	2,70	3,35	3,10	3,50	2,50
somme des bases	0,512	0,382	0,176	0,380	0,340
Taux de saturation	18,94	11,42	5,68	10,87	14,00
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	2,0	2,5	2,9	2,8	2,0
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,6	1,8	1,9	2,0	1,6

Profil BGF 85

Numéro du sac	851	852	853
Profondeur minimale	10	30	55
Profondeur maximale	20	40	65
Refus	11,2	13,2	14,1
Argile 10 ⁻²	36,5	35,3	33,5
limon fin	7,1	6,7	6,3
limon grossier	2,0	2,0	2,2
sable fin	8,3	8,0	9,5
sable grossier	46,0	48,3	48,9
Matière organique 10 ⁻³	20,2	7,1	5,2
carbone 10 ⁻³	11,70	4,12	3,00
Azote 10 ⁻³	1,08	0,73	0,59
C/N	10,8	5,6	5,1
pH eau 1/2,5	4,31	4,50	4,50
Cations échangeables			
Ca ⁺⁺	0,303	0,304	0,269
Mg ⁺⁺	0,085	0,052	0,067
K ⁺	0,009	0,004	0,010
Na ⁺	0,041	0,015	0,027
capacité d'échange	3,85	2,80	2,70
somme des bases	0,444	0,375	0,373
Taux de saturation	11,54	13,39	13,80
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	2,1	1,9	2,5
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,4	1,3	1,6

Tableau N° 22 - caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence I.

Profil BGF 86

Numéro du sac	861	862	863	864	865	866	867	868
Profondeur minimale en cm	0	40	80	140	180	240	300	400
Profondeur maximale	20	60	100	160	200	260	320	420
Refus	12,2	12,6	12,5	21,5	12,3	23,9	16,0	18,0
Argile 10 ⁻²	33,7	36,3	33,2	37,9	31,1	22,0	17,0	14,0
limon fin	6,4	6,1	5,7	16,0	20,3	28,9	31,5	29,6
limon grossier	1,8	2,0	2,3	2,4	2,6	3,7	5,2	6,3
sable fin	7,9	8,7	9,9	7,3	8,7	9,3	8,8	11,4
sable grossier	47,7	46,5	49,2	36,7	38,5	37,3	38,6	40,3
Matière organique 10 ⁻³	40,76	10,87	4,73	3,55	2,69	1,83	1,78	1,40
carbone 10 ⁻³	23,63	6,30	2,74	2,06	1,56	1,06	1,03	0,81
Azote 10 ⁻³	1,71	0,63	0,49	0,35	0,28	0,14	0,14	0,10
C/N	13,82	10,00	5,59	5,89	5,57	7,57	7,36	8,10
pH eau 1/2,5	5,1	4,8	4,7	4,7	4,9	4,9	4,9	5,0
Cations échangeables								
Ca ⁺⁺	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Mg ⁺⁺	0,06	0,03	0,11	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
K ⁺	0,04	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,03
Na ⁺	0,06	0,01	-	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
capacité d'échange	4,15	3,60	4,35	3,75	3,60	4,60	4,10	3,70
somme des bases	0,21	0,05	-	0,10	0,09	0,09	0,05	0,08
Taux de saturation	5,1	1,4	-	2,7	2,5	2,0	1,2	2,2
Phosphore total 10 ⁻³	0,250	0,190	0,140					
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	2,11	2,38	2,79	2,06	1,04	0,65	0,65	0,58
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,36	1,31	1,83	1,25	0,36	0,16	0,06	0,14

Tableau n° 23.

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence II.

Profil BGF₁

Numéro du sac	11	12	13	14	15	16	17	18	19	19.1	19.2	19.2.1	19.2.2
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	100	120	160	200	260	300	400	500
Profondeur maximale	10	30	50	70	90	110	140	180	220	280	310	420	520
Refus	8,4	60,0	20,3	9,7	7,6	16,8	7,2	5,2	5,3	5,8	5,5	3,3	18,3
Argile 10 ⁻²	15,9	25,5	33,3	34,0	27,5	26,7	24,0	18,3	17,2	15,2	16,2	16,3	21,0
Limons fins	4,5	6,0	6,7	10,7	16,9	19,3	21,2	22,0	21,4	23,2	21,7	19,5	19,2
Limons grossiers	2,5	3,4	3,0	1,0	0,8	0,2	1,4	3,1	0,1	2,6	1,3	3,3	5,1
Sable fin	13,4	15,9	13,5	9,2	8,4	9,4	11,9	15,6	18,5	17,5	19,9	23,5	11,6
Sable grossier	59,6	48,0	42,9	45,3	46,4	44,0	42,0	42,2	43,1	41,8	41,3	38,8	44,5
Matière organique 10 ⁻³	10,51	12,82	5,47	5,13	3,40	1,69							
Carbone 10 ⁻³	0,61	7,43	3,17	3,01	1,97	0,98							
Azote 10 ⁻³	0,24	0,63	0,38	0,31	0,24	0,17							
C/N	2,54	11,73	8,34	9,71	8,21	5,76							
pH eau 1/25	4,9	5,4	5,6	5,3	5,7	5,4	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,1	4,9
Cations échangeables													
Ca ⁺⁺	0,12	0,09	0,09	0,13	0,08	0,09	0,13	0,07	0,06	0,12	0,05	0,01	0,02
Mg ⁺⁺	0,14	0,08	0,06	0,06	0,04	0,05	0,03	0,01	0,01	0,08	0,06	0,01	0,02
K ⁺	0,10	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	< 0,01	0,02	0,01	0,01	0,03
Na ⁺	0,10	0,02	0,01	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	0,05	0,04	0,06
Capacité d'échange	3,9	1,6	3,3	4,2	2,2	3,0	2,4	4,1	3,8	3,0	2,4	2,4	1,5
Somme des bases	0,46	0,22	0,17	0,25	0,13	0,13	0,17	0,03	0,07	0,27	0,17	0,06	0,13
Taux de saturation	11,8	13,8	5,2	6,0	5,9	4,3	7,1	2,2	1,8	9,0	7,1	2,5	8,4
Phosphore total 10 ⁻³	0,208	0,168	0,127	0,145	0,106	0,117							
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,30	1,88	2,03	4,31	5,16	4,70	4,35	4,83	4,00	4,12	3,76	6,74	2,46
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,82	0,85	1,11	1,87	2,80	4,19	3,95	3,58	2,70	2,76	2,55	2,47	1,92

Tableau n° 24.

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence II

Profil BGF₂

Numéro du sac	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29.1	29.2
Profondeur minimale	0	15	40	60	90	120	160	180	280	400	500
Profondeur maximale	10	30	50	80	110	140	180	200	300	420	520
Refus	6,9	72,5	50,9	24,6	14,9	16	6,8	7,9	6,5	4,45	2,95
Argile 10 ⁻²	19,1	25,0	32,4	35,7	33,0	23,5	17,4	17,2	16,4	14,0	14,6
Limons fins	6,70	7,7	9,1	9,4	10,8	12,8	16,3	17,4	18,9	24,9	27,8
Limons grossiers	2,60	3,7	4,0	3,7	3,9	4,4	5,0	5,1	4,0	8,9	5,1
Sable fin	17,50	21,2	19,7	14,9	12,7	9,7	8,5	7,6	10,1	11,7	12,3
Sable grossier	51,90	41,3	35,2	31,5	40,1	50,9	54,2	54,1	51,6	41,5	40,9
Matière organique 10 ⁻³	45,0	28,0	9,0	7,0	4,0						
Carbone 10 ⁻³	26,2	16,2	5,5	4,0	2,2						
Azote 10 ⁻³	1,64	1,26	0,63	0,63	0,45						
C/N	16	12,8	8,7	6,3	4,8						
pH eau 1/25	5,0	5,6	5,9	5,7	5,8	6,0	5,9	5,6	5,5	4,8	5,1
Cations échangeables											
Ca ⁺⁺	0,09	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	< 0,01	< 0,01
Mg ⁺⁺	0,13	0,11	0,02	0,01	0,01	1,6	1,6	1,6	0,01	0,04	0,01
K ⁺	0,13	0,13	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
Na ⁺	0,16	0,15	0,07	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,01	0,22	0,04
Capacité d'échange	4,15	3,45	2,35	3,40	3,55	3,70	4,55	2,20	1,9	1,85	3,35
Somme des bases	0,51	0,44	0,15	0,06	0,04	0,06	0,05	0,04	0,10	0,29	0,06
Taux de saturation	12,2	12,8	6,3	1,8	1,1	1,6	1,1	1,8	5,3	15,7	1,79
Phosphore total 10 ⁻³	0,281	0,393	0,309	0,243	0,300						
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,88	2,44	3,13	4,24	4,38	4,37	3,70	3,66	3,76	2,99	3,08
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,21	1,58	2,32	2,41	3,04	3,45	3,04	2,92	2,51	2,35	2,30

Tableau N° 25.

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence II.

Profil BGF 21

Numéro du sec	211	212	213	214	215	216	217	218	219	219A	2192
Profondeur minimale en cm	0	40	80	120	160	200	240	280	350	400	500
Profondeur maximale	20	60	100	140	180	220	260	300	370	420	520
Reliefs	8,13	16,85	8,04	4,85	5,16	4,06	3,43	7,24	3,08	3,13	3,28
Argile 10 ⁻²	13,75	22,67	28,27	15,73	15,86	14,83	14,81	14,40	13,54	13,33	16,41
Limons fin	4,80	6,44	8,24	9,24	14,15	25,61	22,78	25,73	27,67	26,32	16,20
Limons grossier	2,03	3,27	2,75	5,13	4,27	0,24	5,46	8,15	9,41	8,17	5,78
Sable fin	11,30	17,02	11,33	13,80	10,70	7,25	10,44	10,80	11,76	10,70	12,49
Sable grossier	65,87	49,84	49,46	56,27	54,99	55,11	47,44	42,74	39,87	43,93	50,83
Matière organique 10 ⁻³	29,88	8,88	5,74	2,85	2,07	1,69					
Carbone 10 ⁻³	17,32	5,15	3,33	1,65	1,20	0,98					
Azote 10 ⁻³	1,19	0,56	0,35	0,17	0,14	0,14					
C/N	14,55	9,20	9,51	9,71	8,57	7,00					
pH eau 1/2,5	4,60	5,10	5,20	5,35	5,25	5,30	5,25	5,20	5,10	5,10	5,00
Calcium échangeables en mEq	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03
Mg++	0,22	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03
K+	0,33	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
Na+	0,02	0,01	0,01	0,02	<0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,01	0,06
Capacité d'échange	2,10	2,10	1,65	1,70	1,30	1,05	1,85	1,55	2,30	2,15	1,65
Somme des bases	0,60	0,05	0,03	0,04	0,01	0,06	0,07	0,05	0,06	0,03	0,15
Taux de saturation	-	2,4	1,8	2,4	0,8	5,7	3,8	3,2	2,6	1,4	9,1
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,68	2,53	4,12	4,12	4,00	4,14	3,33	3,12	3,00	3,09	3,53
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,14	1,82	2,82	2,91	2,78	3,09	3,36	2,42	2,10	2,39	2,63

Tableau N° 26.

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence II.

Profil BGF 22

Numéro du sec	221	222	223	224	225	226	227	228	229	229A	2292
Profondeur minimale en cm	0	40	80	120	160	200	240	280	350	400	500
Profondeur maximale	20	60	100	140	180	220	260	300	370	420	520
Reliefs	15,81	16,06	4,93	5,41	5,02	5,34	4,26	3,93	2,92	6,81	5,82
Argile 10 ⁻²	16,07	20,35	28,74	24,43	18,40	19,50	18,60	17,14	15,30	6,25	10,30
Limons fin	4,33	9,08	8,10	10,73	14,28	14,02	15,73	16,49	18,70	13,36	13,68
Limons grossier	2,71	3,36	3,11	3,86	1,45	3,76	4,82	5,04	5,82	15,30	6,50
Sable fin	17,61	16,90	11,57	10,34	8,45	7,92	8,68	8,69	8,30	13,05	17,08
Sable grossier	58,39	50,23	48,60	54,28	58,06	55,36	52,86	52,70	53,07	52,65	53,80
Matière organique 10 ⁻³	26,5	7,5	4,2	2,7	1,2	1,2					
Carbone	15,37	4,31	2,42	1,56	0,67	0,70					
Azote	1,08	0,42	0,28	0,21	0,10	0,17					
C/N	14,2	10,3	8,6	7,4	6,7	4,1					
pH eau 1/2,5	5,10	5,00	5,25	5,45	5,35	5,15	5,20	5,30	5,15	5,50	5,35
Calcium échangeables en mEq	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04
Mg++	0,11	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
K+	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,01	<0,01	0,02
Na+	0,07	0,02	0,01	<0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
Capacité d'échange	4,20	3,20	1,65	2,30	1,60	1,15	2,05	2,35	1,95	1,20	1,95
Somme des bases	0,29	0,09	0,07	0,05	0,09	0,08	0,06	0,13	0,10	0,08	0,11
Taux de saturation	6,9	2,8	4,2	2,2	5,6	7,0	2,9	5,5	5,1	6,7	5,6
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,18	2,71	4,10	4,62	3,50	3,80	3,79	3,77	3,62	3,33	3,32
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,19	2,06	2,91	3,14	2,42	2,45	2,52	2,48	2,56	2,40	2,68

Tableau n° 27

caractéristiques analytiques des sols de la To
Toposéquence II.

Profil BGF3

N° du sac	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39A	392
Profondeur minimale en cm	0	40	80	120	160	200	240	280	350	400	500
Profondeur maximale	20	60	100	140	180	220	260	300	370	420	520
Refus	6,10	45,04	21,49	13,87	2,60	32,58	4,97	2,39	19,09	12,54	20,79
Argile 10 ⁻²	14,88	29,85	32,24	24,03	20,51	25,69	10,30	15,14	19,72	24,19	23,51
limon fin	5,39	6,86	8,99	14,49	16,78	6,63	9,21	19,94	13,97	15,02	16,67
limon grossier	2,14	3,16	2,54	3,48	3,75	3,86	4,11	7,19	6,56	6,05	7,82
sable fin	15,59	15,61	8,27	6,59	7,50	9,13	13,47	14,85	11,92	10,32	14,69
sable grossier	60,13	43,89	47,88	51,63	52,22	55,83	63,15	44,20	48,53	45,63	38,25
Matière organique 10 ⁻³	31,08	5,35	3,09	1,50	1,12	1,22					
Carbone 10 ⁻³	18,02	3,10	1,79	0,87	0,65	0,71					
Azote 10 ⁻³	1,29	0,35	0,24	0,17	0,14	0,10					
C/N	13,97	8,86	7,46	5,12	4,62	7,10					
pH eau 1/2,5	4,75	5,10	6,15	5,25	4,95	5,05	5,00	5,10	5,20	5,10	5,15
Cations échangeables en me	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ K ⁺ Na ⁺	0,07 0,23 0,05 0,08	0,01 0,04 0,01 0,04	0,03 0,03 0,01 0,02	0,04 0,04 0,01 0,08	0,04 0,05 0,01 0,06	0,05 0,06 0,01 0,02	0,07 0,05 0,01 0,01	0,08 0,07 0,02 0,05	0,05 0,05 0,01 0,02	0,05 0,02 0,03 0,05
Capacité d'échange	3,80	1,85	1,75	1,00	1,35	1,10	2,85	2,17	3,00	2,70	2,17
Somme des bases	0,43	0,10	0,09	0,09	0,13	0,10	0,14	0,14	0,22	0,13	0,15
Taux de saturation	11,3	5,4	5,1	9,0	14,1	8,9	4,9	6,5	7,3	4,8	6,3
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,75	3,10	3,80	3,56	3,79	2,94	3,79	3,21	2,02	1,69	2,53
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,30	2,29	2,83	2,52	2,67	2,06	2,77	2,38	1,29	1,18	0,85

Tableau n° 28

caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence II.

Profil BGF10.

N° du sac	101	102	103	104	105	106	107	108	109	109A	1092
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	120	160	210	300	400	500
Profondeur maximale	10	30	50	70	100	140	180	230	310	420	520
Refus	8,1	16,9	20,0	41,6	17,3	12,9	4,2	3,0	7,0	18,9	20,0
Argile 10 ⁻²	13,1	19,1	25,2	32,0	34,0	28,0	22,6	17,8	17,3	13,88	9,62
limon fin	3,5	4,9	5,8	6,9	8,6	11,9	20,8	25,5	26,1	27,30	29,69
limon grossier	2,1	3,1	3,4	3,1	2,5	2,5	3,6	4,0	3,5	5,0	9,28
sable fin	14,7	18,4	19,7	14,6	9,7	6,8	6,9	8,0	9,4	13,94	13,26
sable grossier	64,6	53,6	46,2	43,9	45,7	51,6	47,1	46,1	45,0	42,00	41,38
Matière organique 10 ⁻³											
Carbone 10 ⁻³	14,90	6,63	3,55	3,01	2,26						
Azote 10 ⁻³	1,12	0,59	0,38	0,31	0,24						
C/N	13,30	11,24	9,34	9,71	9,42						
pH eau 1/2,5	4,7	5,4	5,2	5,5	5,2	5,3	5,6	5,6	5,5	5,4	5,3
Cations échangeables en me	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ K ⁺ Na ⁺	0,10 0,13 0,07 0,09	0,11 0,03 0,02 0,05	0,07 0,03 0,01 0,02	0,10 0,02 0,01 0,02	0,07 0,01 0,01 0,03	0,08 0,01 0,01 0,01	0,07 0,01 0,01 0,01	0,05 0,01 0,01 0,01		
Capacité d'échange	3,1	1,5	1,5	1,5	1,7	1,6	1,9	2,0	2,2		
Somme des bases	0,39	0,21	0,14	0,16	0,08	0,09	0,09	0,10	0,07		
Taux de saturation											
Phosphore total 10 ⁻³	0,15	0,17	0,13	0,19	0,13						
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,36	1,88	2,18	3,16	3,49	2,97	2,12	2,95	3,14	3,04	2,42
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,88	1,10	1,34	1,83	2,16	2,04	1,73	2,40	2,59	2,65	2,09

Tableau N° 29.

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence II.

Profil BGF₄

Numéro du sac	41	42	43	44	45	46	47	48	49	49.1	49.2	49.3	49.4	49.5
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	100	120	140	160	300	400	500	600	700
Profondeur maximale	10	30	50	70	90	110	130	150	170	310	420	520	620	720
Refus	9,8	13,6	12,2	12,8	13,4	13,5	15,1	16,8	17,6	3,7				
Argile 10 ⁻²	11,5	18,1	23,3	26,9	31,2	32,1	29,9	25,6	25,1	18,5	11,51	14,51	11,83	15,01
Limon fin	2,6	3,7	3,5	3,3	9,7	4,7	4,9	5,3	8,2	22,7	21,57	24,28	20,33	21,67
Limon grossier	1,6	2,5	2,4	2,1	2,2	1,8	1,7	1,5	2,1	6,5	7,74	7,52	6,88	6,31
Sable fin	14,8	17,7	15,5	13,0	13,0	10,6	8,5	6,9	6,3	15,5	15,28	17,21	21,24	18,60
Sable grossier	68,2	57,4	55,1	54,9	50,1	51,4	55,5	61,2	58,8	38,8	45,49	38,41	33,84	33,37
Matière organique 10 ⁻³	24,80	14,00	8,40	6,80	5,10	4,50	3,70	2,50						
Carbone 10 ⁻³	15,91	8,09	4,85	3,95	2,95	2,59	2,15	1,44						
Azote 10 ⁻³	1,26	0,87	0,66	0,73	0,49	0,45	0,45	0,42						
C/N	12,6	9,3	7,3	5,4	6,0	5,8	4,8	3,4						
pH eau 1/2,5	4,10	4,45	4,40	4,50	4,60	4,65	4,70	4,50	4,70	5,0	5,0	5,1	5,1	4,7
Cations échangeables en me														
Ca ⁺⁺	0,246	0,213	0,266	0,060	0,061	0,308	0,294	0,309	0,08	0,05				
Mg ⁺⁺	0,151	0,053	0,047	0,053	0,053	0,038	0,056	0,033	0,03	0,02				
K ⁺	0,024	0,009	0,007	0,018	0,007	0,010	0,004	0,004	0,001	0,001				
Na ⁺	0,124	0,023	0,012	0,015	0,015	0,033	0,016	0,011	0,01	0,01				
Capacité d'échange	3,15	1,70	2,05	2,40	2,10	1,35	2,15	1,55	2,25	7,70				
Somme des bases	0,545	0,298	0,332	0,143	0,136	0,455	0,570	0,357	0,139	0,08				
Taux de saturation	17,28	17,52	16,20	5,96	6,47	33,72	17,21	23,03	6,17	1,0				
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,9	2,1	2,6	3,1	3,2	3,2	2,8	2,8	2,1	0,85	0,98	1,34	1,42	2,52
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²									1,9	0,78	0,61	0,37	0,73	1,63

Tableau N° 30.

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence III.

Profil BGF₁₅

Numéro du sac	151	152	153	154	155	156	157	158	159	159.1	159.2
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	120	150	200	260	400	500
Profondeur maximale	10	30	50	70	100	140	170	220	280	420	520
Refus	7,7	7,47	15,9	8,0	8,8	6,3	8,6	5,4	17,4	49,1	4,66
Argile 10 ⁻²	16,6	22,2	35,3	37,6	32,1	24,3	24,0	19,2	24,4	17,39	18,90
Limon fin	3,9	5,3	7,7	9,6	14,6	20,6	20,8	23,0	21,3	22,94	22,01
Limon grossier	2,5	3,3	2,8	2,0	2,1	2,6	2,6	3,6	3,4	6,18	6,39
Sable fin	14,4	13,2	12,2	8,0	6,2	8,6	9,4	12,4	8,9	14,19	13,20
Sable grossier	49,1	49,1	42,1	43,0	40,5	44,5	43,6	43,2	42,9	40,99	39,26
Matière organique 10 ⁻³	39,42	26,60	59,9	39,5	28,6						
Carbone 10 ⁻³	22,85	15,42	3,47	2,29	1,66						
Azote 10 ⁻³	1,50	1,08	0,35	0,24	0,21						
C/N	15,23	14,28	9,91	9,54	7,90						
pH eau 1/2,5	4,5	5,2	5,4	5,5	5,5	5,4	4,9	5,5	5,3	5,4	5,3
Cations échangeables en me											
Ca ⁺⁺	0,09	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,37	0,13	0,08	0,01	0,01
Mg ⁺⁺	0,12	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03
K ⁺	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
Na ⁺	0,07	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04
Capacité d'échange	4,0	3,2	3,0	2,1	2,0	2,9	3,9	3,9	1,7	2,20	1,95
Somme des bases	0,30	0,14	0,07	0,02	0,01	0,01	0,41	0,20	0,13	0,09	0,08
Taux de saturation	7,5	4,4	2,3	1,0	1,0	1,0	10,6	5,1	3,8	4,1	4,1
Phosphore total 10 ⁻³	0,22	0,21	0,08	0,08	0,11	0,12					
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,50	1,84	3,93	5,19	5,65	5,15	5,27	4,08	3,61	3,28	3,13
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,90	0,95	2,22	3,16	3,94	4,37	4,14	3,06	1,66	2,52	2,38

Tableau n° 31

caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence III.

Profil BGF16

Numéro du sac	161	162	163	164	165	166	167	168	169	1691	1692	1693	1694
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	100	140	180	240	280	340	400	500
Profondeur maximale	10	30	50	70	90	120	160	200	260	300	360	420	520
Refus	6,8	54,3	18,8	15,4	10,8	8,7	7,0	20,7	61,5	23,5	30,8	29,9	6,0
Argile 10 ⁻²	15,0	26,1	28,0	31,2	27,1	18,9	15,2	14,2	12,3	9,6	6,5	6,4	11,1
Limon fin	5,1	8,7	8,5	10,6	12,8	16,2	17,5	18,1	15,6	13,7	13,8	14,8	15,4
Limon grossier	2,4	4,1	3,8	4,3	4,8	3,2	6,7	6,1	4,0	5,4	6,8	6,7	7,0
Sable fin	14,0	18,4	15,1	15,1	11,2	10,2	11,9	11,1	11,4	12,1	13,6	12,7	14,3
Sable grossier	60,0	41,9	44,0	38,6	44,5	49,6	43,2	51,5	57,3	59,9	60,0	60,5	52,5
Matière organique 10 ⁻³	33,17	10,25	6,54	6,07	3,95	2,66							
Carbone 10 ⁻³	19,23	5,94	3,79	3,52	2,29	1,54							
Azote 10 ⁻³	1,40	0,66	0,42	0,35	0,24	0,14							
C/N	13,74	9,0	9,0	10,0	9,54	11,0							
pH eau 1/2,5	4,8	5,5	5,5	5,7	5,6	5,7	5,8	5,7	5,5	5,9	6,0	6,0	5,5
Cations échangeables													
Ca ⁺⁺	0,09	0,06	0,12	0,01	0,06	0,02	-	0,19	0,16	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg ⁺⁺	0,22	0,04	0,05	0,02	0,02	0,02	-	0,04	0,06	0,04	0,01	0,01	0,02
K ⁺	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	-	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
Na ⁺	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,03	0,07	0,05	0,02	0,04	0,02
Capacité d'échange	6,6	7,7	6,0	5,7	5,3	2,0	-	3,4	3,2	0,55	0,45	0,70	2,15
Somme des bases	0,42	0,13	0,19	0,05	0,08	0,07	-	0,28	0,32	0,11	0,05	0,06	0,05
Taux de saturation	6,3	1,6	3,1	0,8	1,6	3,5	-	8,2	10,0	2,0	11,1	8,6	2,3
Phosphore total 10 ⁻³	0,253	0,129	0,171	0,153	0,171	0,138	0,136						
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,97	1,46	2,69	3,04	3,70	3,81	3,97	3,57	2,53	3,59	1,76	1,74	3,43
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,92	1,29	1,70	2,71	3,09	3,26	3,18	2,55	1,99	2,83	1,30	1,12	2,78

Tableau n° 32

caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence III.

Profil BGF17

Numéro du sac	171	172	173	174	175	176	177	178	179	1791	1792	1793
Profondeur minimale	0	20	40	60	100	130	150	180	240	300	400	500
Profondeur maximale	10	30	50	70	110	140	160	200	255	320	420	520
Refus	10,3	40,0	37,3	14,4	5,7	5,9	7,5	7,3	6,8	6,1	4,3	4,7
Argile 10 ⁻²	17,6	24,2	28,2	34,0	24,5	21,8	17,2	14,2	15,8	16,4	13,0	9,4
Limon fin	4,2	5,9	7,2	11,8	23,4	25,6	24,4	23,7	22,3	19,5	23,5	23,4
Limon grossier	2,5	3,4	3,7	3,4	5,1	5,1	5,9	5,4	6,0	7,0	8,6	9,1
Sable fin	14,6	16,4	16,6	11,8	8,9	11,2	15,6	18,4	18,4	18,1	23,7	14,5
Sable grossier	57,8	48,8	43,8	39,6	38,9	38,1	38,4	33,7	39,3	40,9	33,6	41,0
Matière organique 10 ⁻³	51,27	18,34	8,28	4,74	2,55							
Carbone 10 ⁻³	29,72	10,63	4,80	2,75	1,48							
Azote 10 ⁻³	2,03	0,87	0,52	0,28	0,17							
C/N	14,64	12,22	9,23	9,82	8,71							
pH eau 1/2,5	4,5	5,2	5,2	5,5	5,5	5,5	5,3	5,4	5,4	5,0	5,5	5,5
Cations échangeables												
Ca ⁺⁺	0,19	0,16	0,01	0,01	0,01	0,12	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg ⁺⁺	0,20	0,05	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01
K ⁺	0,12	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Na ⁺	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05
Capacité d'échange	1,14	5,1	6,0	5,4	2,9	1,12	1,39	2,3	2,7	1,85	3,15	2,60
Somme des bases	0,53	0,25	0,05	0,05	0,03	0,15	0,07	0,02	0,04	0,07	0,04	0,08
Taux de saturation	4,6	4,9	0,8	0,9	1,1	1,4	0,5	0,7	1,4	3,8	1,3	2,9
Phosphore total 10 ⁻³	0,238	0,223	0,117	0,225	0,168	0,180						
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,64	1,68	2,21	3,05	3,63	3,48	3,40	3,25	3,39	3,10	2,75	3,54
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,07	1,27	1,44	2,26	2,86	2,66	2,27	2,35	2,58	2,49	2,25	2,71

Tableau n° 33 Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence III.

Profil BGF 18

Numéro de sac	181	182	183	184	185	186	187	188	1881	1882	1883
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	100	140	180	230	300	400	500
Profondeur maximale	10	30	50	80	120	160	200	250	320	420	520
Relief	7,2	23,8	31,9	22,4	25,1	7,1	6,1	12,8	8,86	11,12	6,94
Argile 10 ⁻²	14,5	21,6	26,6	36,5	29,1	24,0	17,8	18,9	16,13	18,18	4,54
Limon fin	4,0	5,9	6,4	8,9	18,9	23,8	26,6	25,6	26,03	22,71	11,77
Limon grossier	2,4	3,0	3,3	3,1	4,4	4,6	5,2	5,2	5,61	6,82	6,90
Sable fin	15,7	18,3	18,3	12,0	7,3	8,8	9,7	15,0	12,00	13,68	14,95
Sable grossier	60,4	50,4	44,9	39,1	40,8	39,5	42,1	36,1	41,29	40,51	62,77
Matière organique	35,38	12,44	8,06	4,00	2,17						
Carbone	20,51	7,21	4,67	2,32	1,26						
Azote	1,40	0,63	0,52	0,31	0,24						
C/N	14,65	11,44	8,98	7,48	5,25						
pH eau 1/2,5	4,4	5,0	5,1	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,8
Cations échangeables											
Ca ⁺⁺	0,07	0,02	0,01	< 0,01	0,10	< 0,01	0,09	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
Mg ⁺⁺	0,08	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02
K ⁺	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Na ⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	< 0,01	0,03	0,02	0,02
Capacité d'échange	10,0	5,4	2,9	5,7	8,2	2,3	4,8	4,6	2,65	1,90	1,45
Somme des bases	0,23	0,09	0,06	0,03	0,16	0,04	0,13	0,13	0,09	0,06	0,05
Taux de saturation	2,3	1,6	2,1	0,5	1,8	1,6	2,7	0,7	3,4	3,2	3,4
Phosphore total 10 ⁻³	0,235	0,171	0,153	0,154	0,136	0,148					
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	1,10	1,73	2,43	3,99	2,90	3,24	3,47	2,56	2,32	1,70	2,86
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,84	1,20	1,72	2,61	2,35	2,58	2,76	2,12	2,02	1,47	2,68

Tableau n° 34 . Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence III.

Profil BGF 19

Numéro de sac	191	192	193	194
Profondeur minimale en cm	0	20	50	80
Profondeur maximale	10	30	70	100
Relief	4,2	17,1	15,1	16,4
Argile 10 ⁻²	8,3	9,7	16,5	5,7
Limon fin	2,7	2,8	3,6	0,5
Limon grossier	1,3	1,4	2,2	0,4
Sable fin	13,6	12,0	17,7	9,3
Sable grossier	72,4	72,7	59,2	83,8
Matière organique 10 ⁻³				
Carbone 10 ⁻³	12,43	10,51	5,30	3,06
Azote 10 ⁻³	0,91	0,84	0,45	0,28
C/N	13,66	12,51	11,78	10,93
pH eau 1/2,5	5,0	5,4	5,0	5,5
Cations échangeables				
Ca ⁺⁺	0,08	0,01	< 0,01	< 0,01
Mg ⁺⁺	0,05	0,04	0,02	0,02
K ⁺	0,04	0,04	0,03	0,02
Na ⁺	0,01	0,01	0,01	0,01
Capacité d'échange	5,6	4,2	3,6	1,7
Somme des bases	0,18	0,10	0,06	0,05
Taux de saturation	3,2	2,3	1,8	3,0
Phosphore total 10 ⁻³	0,208	0,205	0,181	0,214
Fer total Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,32	0,45	0,61	0,28
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10 ⁻²	0,18	0,22	0,14	0,08

Tableau n° 35 .

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence IV.

Profil BGF 11

Numéro du sac	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Profondeur minimale en cm	0	25	40	60	80	100	120	150	220	280
Profondeur maximale	10	35	50	70	90	110	130	160	230	290
Refus	13,1	42,4	39,8	35,5	38,1	31,1	21,4	10,2	9,6	6,3
Argile 10-2	19,5	31,9	37,5	41,6	38,7	37,6	32,4	28,6	21,2	17,9
Limon fin	4,6	7,1	7,7	10,6	17,1	19,3	18,9	19,4	20,5	18,8
Limon grossier	2,5	4,0	3,1	3,8	4,7	4,5	3,8	4,1	5,0	5,7
Sable fin	11,9	16,3	13,4	9,1	5,4	5,6	5,9	4,6	12,2	17,1
Sable grossier	56,3	40,4	37,8	35,4	35,3	34,3	39,6	40,8	41,1	40,3
Matière organique 10-3	51,94	11,90	7,18	5,97	3,17	2,38				
Carbone 10-3	30,11	6,90	4,16	3,46	1,84	1,38				
Azote 10-3	1,92	0,73	0,42	0,42	0,24	0,14				
C/N	15,68	9,45	9,90	8,24	7,67	9,86				
pH eau 1/2,5	3,8	5,2	5,4	5,2	5,4	5,2	5,3	5,4	5,3	5,4
Ca ⁺⁺	0,13	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Mg ⁺⁺	0,35	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
K ⁺	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	< 0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na ⁺	0,14	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Capacité d'échange	6,2	2,2	3,6	2,6	2,3	1,8	1,1	1,9	1,5	1,5
Somme des bases	0,66	0,06	0,04	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Taux de saturation	10,6	2,7	1,1	2,7	1,0	1,6	2,0	1,5	2,7	2,1
Phosphore total 10-3	0,234	0,121	0,147	0,123	0,145	0,114				
Fer total Fe ₂ O ₃ 10-2	1,57	2,60	3,24	3,82	3,76	3,99	3,02	3,07	3,20	3,18
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10-2	0,95	1,58	1,63	2,21	2,48	2,31	2,06	2,32	2,24	2,02

Tableau n° 36 .

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence IV

Profil BGF 13.

Numéro du sac	131	132	133	134	135	136	137	138	139
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	110	140	160	180
Profondeur maximale	10	30	50	70	90	120	150	170	190
Refus	9,6	11,2	10,7	67,1	48,0	41,5	31,1	25,0	32,6
Argile 10-2	19,7	23,9	28,0	31,7	32,4	26,8	21,7	18,6	18,8
Limon fin	5,5	6,5	8,0	8,0	8,9	11,4	13,3	14,7	13,8
Limon grossier	2,5	3,0	3,3	3,2	2,3	3,9	1,9	2,5	2,0
Sable fin	14,9	15,1	15,3	14,4	13,3	11,5	12,5	11,9	12,1
Sable grossier	53,5	49,9	44,8	42,0	41,6	45,1	48,9	51,2	50,8
Matière organique 10-3	39,16	16,89	11,78	9,13	6,56	3,95			
Carbone	22,70	9,79	6,83	5,29	3,80	2,29			
Azote	1,57	0,94	0,63	0,45	0,42	0,31			
C/N	14,46	10,41	10,84	11,76	9,05	7,39			
pH eau 1/2,5	4,7	5,0	5,3	5,4	5,4	5,4	4,6	5,2	5,4
Ca ⁺⁺	0,24	0,01	0,05	0,03	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Mg ⁺⁺	0,30	0,06	0,05	0,06	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01
K ⁺	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	< 0,01	< 0,01
Na ⁺	0,13	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,01	0,01
Capacité d'échange	5,3	2,2	2,5	3,5	2,7	2,5	4,20	1,3	3,0
Somme des bases	0,71	0,11	0,13	0,12	0,06	0,05	0,11	0,02	0,02
Taux de saturation	13,4	5,0	5,2	3,4	2,2	2,0	2,6	1,5	< 1,0
Fer total Fe ₂ O ₃ 10-2	1,84	2,29	2,94	3,62	4,26	4,31	4,80	4,81	4,84
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10-2	1,22	1,35	1,81	2,02	2,42	2,93	3,30	3,36	3,47

Tableau N° 37

Caractéristiques analytiques des sols de la
Toposéquence IV.

Profil BGF 14

Numéro du sac	141	142	143	144	145	146	147	148	149
Profondeur minimale en cm	0	20	40	60	80	100	130	180	280
Profondeur maximale relat.	10	30	50	70	90	110	150	200	300
	13,6	72,9	29,9	24,4	27,5	24,7	24,6	25,1	15,6
Argile 10-2	22,6	35,3	33,7	38,3	37,0	27,6	21,5	16,5	26,8
Limons fin	4,8	8,3	7,9	11,4	17,1	22,6	26,1	25,1	26,2
Limons grossier	2,2	3,1	2,5	3,0	3,5	5,3	7,4	8,7	5,9
Sable fin	13,9	15,3	12,3	10,6	7,9	7,5	8,7	12,5	12,8
Sable grossier	52,4	37,0	42,4	36,5	34,8	36,8	36,3	37,3	30,8
Matière organique 10-3	49,11	17,16	10,57	7,45	6,21	3,85			
Carbone 10-3	28,47	9,95	6,13	4,32	3,60	2,23			
Azote 10-3	1,89	0,94	0,66	0,45	0,42	0,35			
C/N	15,06	10,59	9,29	9,60	8,57	6,37			
pH eau 1/2,5	4,9	5,7	5,5	5,4	5,3	5,5	5,2	5,4	4,9
Cations échangeables									
Ca ⁺⁺	0,21	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mg ⁺⁺	0,41	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
K ⁺	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Na ⁺	0,13	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	< 0,01	0,01	0,01
capacité d'échange	5,1	4,1	4,4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,3	2,9
somme des bases	0,78	0,10	0,09	0,05	0,06	0,08	0,04	0,05	0,05
taux de saturation	15,3	2,4	2,0	1,4	1,8	2,1	1,5	1,0	1,0
Phosphore total 10-3	0,195	0,168	0,146	0,121	0,117	0,136			
Fer total Fe ₂ O ₃ 10-2	2,33	3,34	3,14	4,63	5,78	5,76	6,02	6,02	5,70
Fer libre Fe ₂ O ₃ 10-2	1,58	1,98	2,06	2,89	3,74	4,03	4,15	4,13	3,65

Tableau n°38. ANALYSES TOTALES PAR ATTAQUE TRIACIDE (avec analyse du résidu par FH + SO₄H₂).

Profil 8675		0-10cm	10-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	50-60cm	60-70cm	70-80cm	80-90cm	90-100cm	100-110cm	110-120cm	120-130cm	130-140cm	140-150cm	150-160cm	160-170cm	170-180cm	180-190cm	190-200cm	200-210cm	210-220cm	220-230cm	230-240cm	240-250cm	250-260cm	260-270cm	270-280cm	280-290cm	290-300cm		
fraction analysée		S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9	S.10	S.11	S.12	S.13	S.14	S.15	S.16	S.17	S.18	S.19	S.20	S.21	S.22	S.23	S.24	S.25	S.26	S.27	S.28	S.29	S.30		
SOL "FIN" : 0,2 mm																																	
On 10-2 du Sol sec à 105°C	Perte au feu	8,40	8,70	9,10	9,35	9,80	10,5	10,3	8,25	7,50	6,35	6,50	8,00	9,90	9,10	9,30	7,90																
	Résidu	71,4	65,2	61,1	58,6	56,4	54,6	53,6	61,5	63,9	68,4	68,4	61,2	54,3	53,2	50,5	54,5																
	SiO ₂	61,0	74,0	8,35	9,10	9,45	10,3	10,3	8,55	8,85	8,55	8,45	9,85	10,8	9,35	9,35	13,6																
	Al ₂ O ₃	11,5	14,9	17,3	18,5	20,1	22,2	21,3	18,1	16,6	14,5	14,8	18,3	21,8	20,1	22,7	19,5																
	Fe ₂ O ₃	2,5	2,80	3,50	3,75	4,05	4,40	4,25	3,25	2,85	2,35	2,10	2,40	2,75	2,05	2,75	2,50																
	TiO ₂	0,32	0,42	0,46	0,50	0,52	0,57	0,52	0,37	0,30	0,25	0,22	0,25	0,27	0,22	0,30	0,25																
	MnO ₂	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01																
	P ₂ O ₅																																
	%																																
		CaO	0,17	0,03	0,12	0,08	0,03	0,08	0,03	0,03	0,06	0,03	0,12	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03															
	MgO	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02																
	K ₂ O	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04																
	Na ₂ O	0,17	0,31	0,14	0,12	0,12	0,17	0,12	0,11	0,14	0,13	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12																
TOTAL		100,42	99,91	100,16	100,09	100,62	99,91	100,57	100,29	100,27	100,09	100,46	100,27	100,14	100,38	100,66	100,17																
SiO ₂ /R ₂ O ₃		0,80	0,75	0,72	0,74	0,71	0,70	0,73	0,72	0,81	0,84	0,89	0,84	0,78	0,74	0,94	1,22																
SiO ₂ /Al ₂ O ₃		0,90	0,84	0,82	0,83	0,80	0,79	0,82	0,80	0,90	0,93	0,97	0,94	0,84	0,73	1,01	1,32																
m ^g /100g	Ca ⁺⁺	6,06	3,21	4,28	2,85	3,21	2,85	3,21	3,21	2,14	3,21	4,28	2,85																				
	Mg ⁺⁺	1,90	1,49	1,98	1,49	1,49	1,49	1,49	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99																				
	K ⁺	1,27	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85																				
	Na ⁺	5,48	10,00	4,52	3,87	3,87	5,48	3,87	3,55	4,52	3,55	4,52	3,87																				
	Σ Cations	14,79	15,76	11,84	9,27	9,63	10,88	9,63	8,60	8,50	5,45	9,67	8,77																				
ANALYSE du RESIDU - SiO ₂ par Différence - 0 Total : Résidu																																	
SiO ₂ #	SiO ₂	71,0	64,88	60,78	58,3	56,07	51,34	53,33	61,17	63,6	68,04	67,73	60,9	53,18	58,9	50,21	54,16																
	Al ₂ O ₃	0,14	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,12	0,09	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,10	0,12																
	Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01																
	TiO ₂	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr																
	MnO ₂	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr																
% Total	%																																
	CaO	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,10	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06																
	MgO	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01																
	K ₂ O	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02																
	Na ₂ O	0,10	0,09	0,09	0,09	0,13	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09																
m ^g /100g	0 Total	71,40	65,20	61,10	58,60	56,40	51,60	53,60	61,50	63,90	68,40	68,10	61,20	54,30	53,20	50,50	54,50																
	Ca ⁺⁺	2,85	3,21	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,85	2,50	3,57	3,21	2,50	2,50	2,14	2,14	2,14																
	Mg ⁺⁺	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99																
	K ⁺	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85																
	Na ⁺	3,23	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50																

Tableau n°39. ANALYSES TOTALES PAR ATTAQUE TRIACIDE (avec Analyse du résidu par FH + SO₄H₂).

Profil 867 B'	0-10cm	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	
SOL "FIN" : 0,2 mm																															
Perte au feu																															
Résidu																															
SiO2																															
Al2O3																															
Fe2O3																															
FeO																															
TiO2																															
MnO2																															
P2O5																															
%																															
CaO																															
MgO																															
K2O																															
Na2O																															
TOTAL																															
SiO2/R2O3																															
SiO2/Al2O3																															
me/lug																															
Ca++																															
Mg++																															
K+																															
Na+																															
Σ cations																															
ANALYSE DU RESIDU - * SiO2 par Différence - Ø Total = Résidu.																															
SiO2 *																															
Al2O3																															
Fe2O3																															
TiO2																															
MnO2																															
%																															
CaO																															
MgO																															
K2O																															
Na2O																															
Ø Total																															
me/lug																															
Ca++																															
Mg++																															
K+																															
Na+																															

Tableau n°40. ANALYSES TOTALES PAR ATTAQUE $\text{HF} + \text{ClO}_4\text{H}$ ET FUSION PAR CO_3Na_2 . Fraction > 2 mm.

Profil BGF5	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S21	S32	S33	S44	S45	S46	S47
terre au feu	11,0	7,8	5,6	5,5	7,0	8,4	8,8	10,4	14,5	4,9	10,2	17,3	7,9	17,1	9,7	5,3
Sie totale	68,0	75,3	84,6	78,7	75,7	71,6	70,4	66,3	54,1	84,0	68,6	46,2	72,0	47,8	68,4	88,8
Al_2O_3	16,0	12,4	11,0	10,8	13,8	15,6	16,8	19,6	28,5	9,3	19,4	34,6	16,1	33,2	20,4	6,4
Fe_2O_3	1,37	3,45	1,92	1,32	2,16	2,08	2,72	1,60	1,35	1,24	0,74	0,80	3,00	1,26	0,80	1,80
FeO	1,29	0,22	0,07	2,23	0,50	0,27	0,14	0,36	—	—	—	—	0,00	—	—	—
TiO_2	0,36	0,15	0,12	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,12	0,10	0,08	0,08	0,16	0,12	0,07	0,06
Na_2O	0,00	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00	0,02	0,00	Tr	0,00	0,04	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00
CaO	0,24	0,27	0,29	0,24	0,42	0,27	0,24	0,27	0,22	0,19	0,10	0,32	0,19	0,22	0,22	0,32
MgO	0,06	0,06	0,08	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,05
K_2O	0,24	0,14	0,26	0,16	0,18	0,19	0,21	0,18	0,19	0,14	0,16	0,18	0,21	0,22	0,18	0,19
Na_2CO_3	0,35	0,30	0,37	0,30	0,34	0,35	0,32	0,30	0,32	0,29	0,30	0,35	0,34	0,37	0,42	0,40
"TOTAL"	98,92	100,11	100,12	99,46	100,33	99,02	99,89	99,27	99,35	100,79	99,62	99,86	99,95	100,33	100,22	100,53

Profil BGF8'	8'1	8'2	8'3	8'4	8'5	8'6	8'7	8'8	8'9	8'92	8'93	8'94	8'95	8'96
Sie totale	83,3	86,1	83,5	75,5	70,0	66,9	52,6	55,4	56,2	60,6	84,6	84,9	83,8	70,6
Al_2O_3	7,0	6,8	8,0	13,4	15,6	17,4	24,8	22,4	19,8	20,4	9,2	9,1	9,8	18,6
Fe_2O_3	1,12	1,68	2,00	1,36	3,88	4,88	7,00	5,12	11,8	7,00	0,95	0,35	0,28	0,57
FeO	0,79	0,29	0,18	0,43	0,29	0,29	0,50	0,07	0,22	0,22	—	—	—	—
TiO_2	0,20	0,12	0,18	0,12	0,40	0,54	0,86	0,72	0,72	0,82	0,24	0,14	0,14	0,13
Na_2O	0,00	Tr	Tr	Tr	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	Tr	Tr	0,00
CaO	0,22	0,18	0,18	0,14	0,14	0,19	0,19	0,19	0,22	0,19	0,14	0,27	0,22	0,27
MgO	0,08	0,03	0,05	0,03	0,11	0,16	0,27	0,26	0,29	0,38	0,08	0,06	0,05	0,05
K_2O	0,26	0,18	0,21	0,22	0,56	0,77	1,44	1,33	1,54	1,65	0,35	0,22	0,21	0,18
Na_2CO_3	0,32	0,27	0,29	0,29	0,29	0,32	0,38	0,37	0,43	0,43	0,29	0,34	0,32	0,29
Perte au feu	6,00	3,8	4,5	7,1	7,3	7,6	10,6	9,7	8,5	7,6	3,8	4,2	4,7	8,5
"TOTAL"	99,30	99,45	99,03	98,53	98,58	99,04	98,60	99,59	99,73	99,30	99,66	99,58	99,52	99,20

Tableau n°41. Densité apparente et Porosité. Toposequence I de Grégoire.

Méthode à la paraffine et à l'eau (moyenne de 3 mesures).

$$P\% = 1 - \frac{d_a}{d_r} \quad d_r = 2,65$$

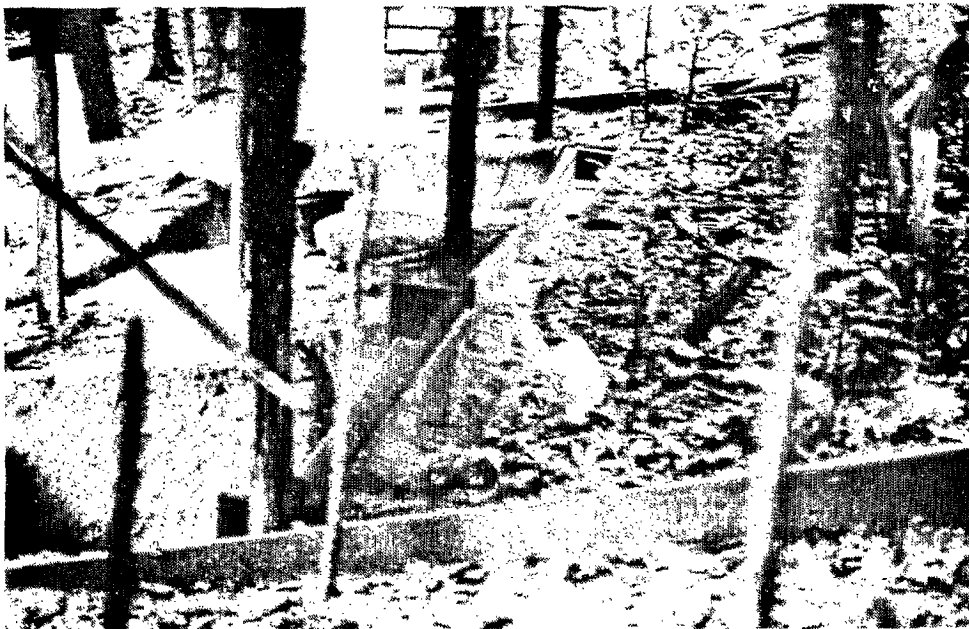
Profils	Profondeur (cm)	densité apparente	Porosité %	Profils	Profondeur (cm)	densité apparente	Porosité %
BGF5 S1	0-10	1,50	43	BGF7 71	1-10	1,52	42
S2	20-30	1,74	34	74	40-60	1,51	42
S4	60-70	1,54	41	75	70-90	1,57	40
S6	100-110	1,59	39	77	140-160	1,60	39
S8	140-150	1,60	39	79	200-220	1,69	35
S94	250-260	1,81	31	791	300-320	1,73	34
S96	360-380	1,85	29	792	350-360	1,70	35
S97	450-460	1,78	32	793	400-420	1,72	34
				794	480-500	1,70	35
BGF6 61	1-15	1,62	38	BGF8' 81'	0-10	1,52	42
62	20-40	1,61	39	83'	40-50	1,66	37
63	45-65	1,55	41	84'	60-70	1,59	39
64	70-90	1,56	40	86'	100-110	1,46	44
65	100-120	1,58	40	892'	220-227	1,56	40
66	130-150	1,64	37	893'	227-237	1,75	33
67	160-180	1,72	34	894'	280-290	1,74	34
68	180-200	1,67	36	895'	340-350	1,69	36
69	250-270	1,73	34				
691	300-320	1,66	37				

PARCELLE D'EROSION ET DE LESSIVAGE OBLIQUE
DE GREGOIRE



- 1 -

Au fond, carbet de travail.- Au premier plan, fosse de récupération des eaux de ruissellement, bâti et toit de protection.



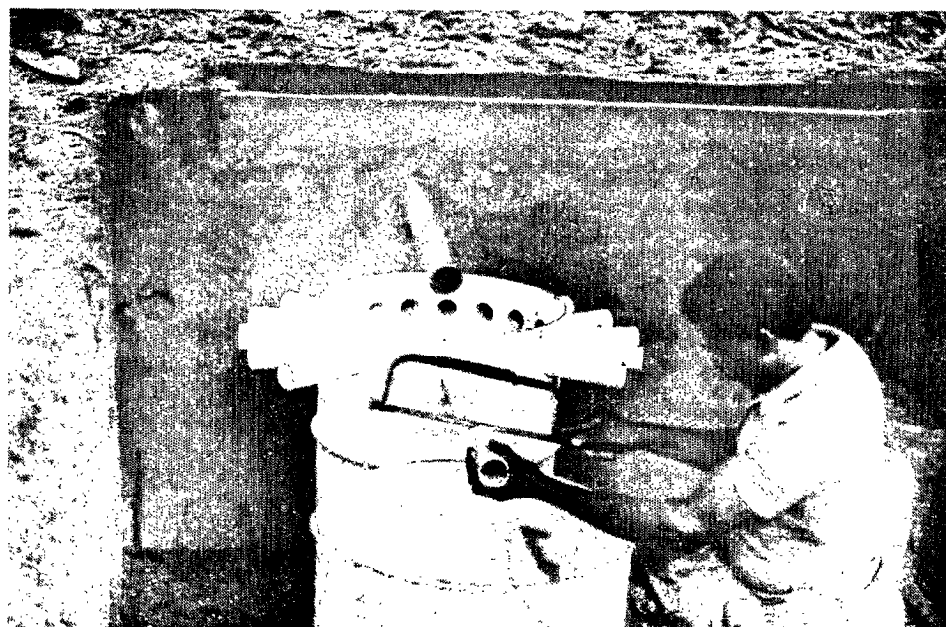
- 2 -

Au premier plan, planches de délimitation de la parcelle (150 m²) ; le canal de ruissellement (la première partie est plastifiée en place, la seconde est cimentée). A gauche, au premier plan, fosse de récupération des eaux de drainage oblique ; au second plan celle des eaux de ruissellement.



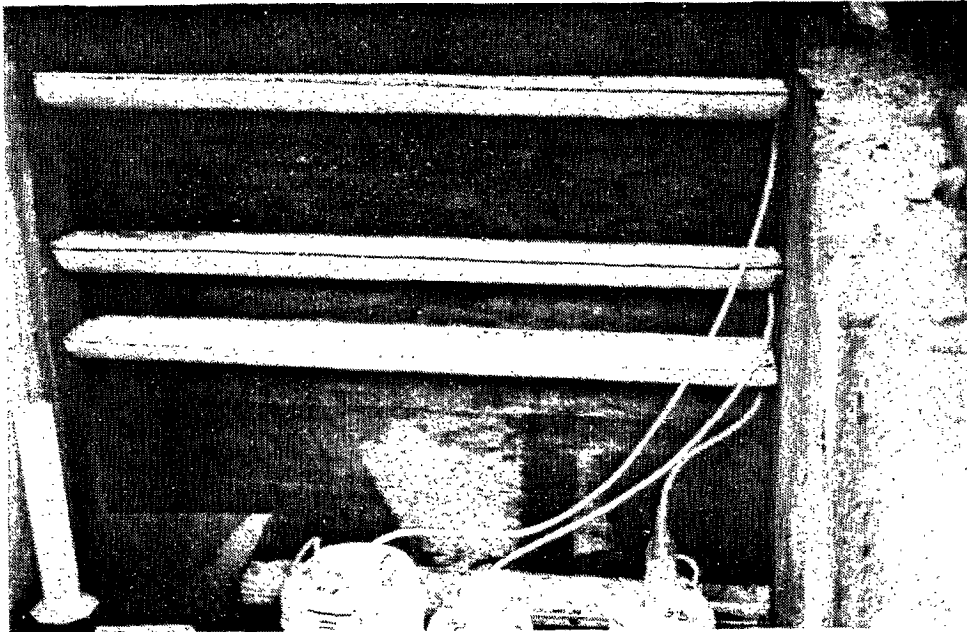
- 3 -

vue générale des fosses de récupération. A gauche, ruissellement et fût à partiteur ; à droite on devine la fosse de drainage oblique.



- 4 -

Fosse de ruissellement ; fût à partiteur et fût de stockage.



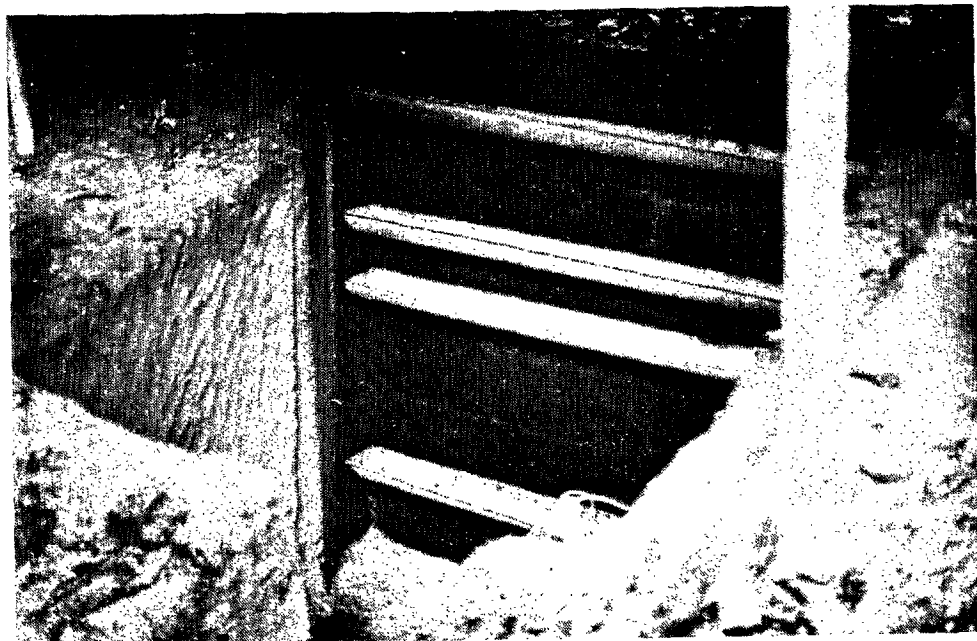
- 5 -

Fosse de lessivage oblique. Gouttières.



- 6 -

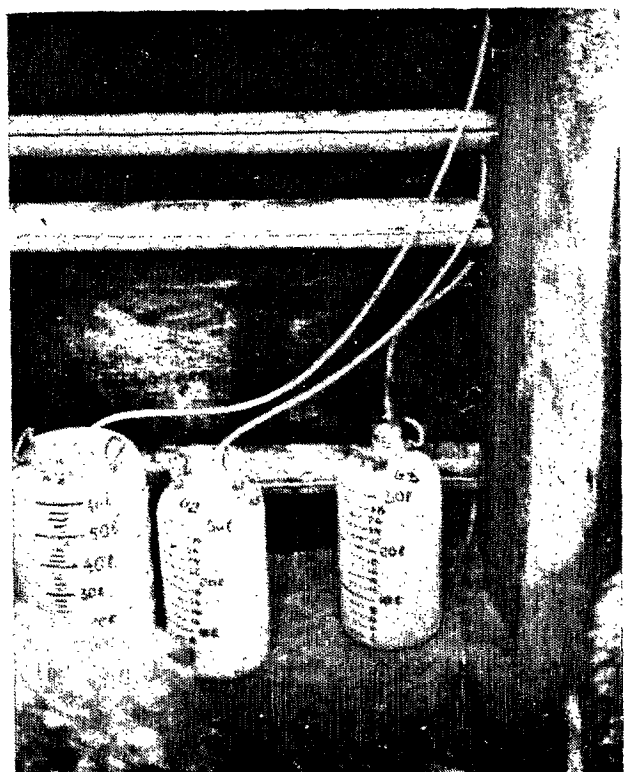
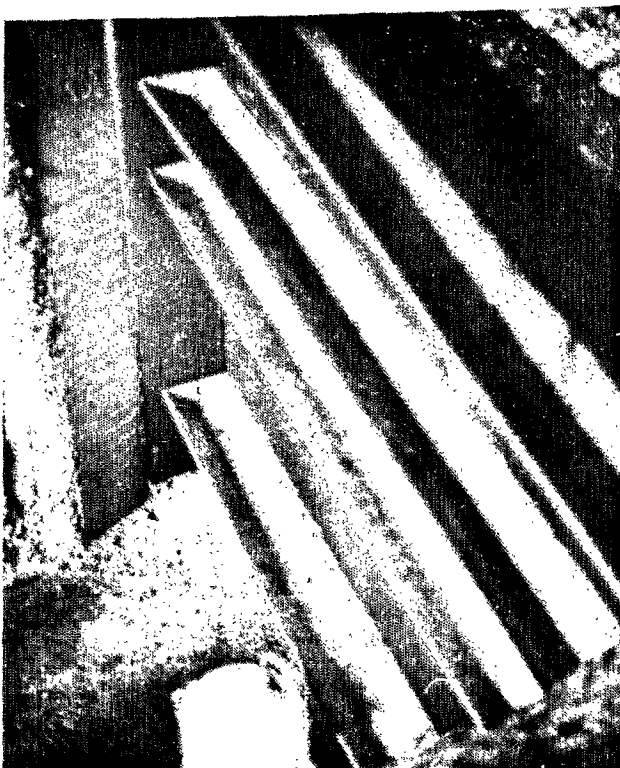
Construction d'un drain d'évacuation des eaux en aval de la fosse pour le dégagement des eaux de drainage oblique.



- 7 -

- 8 -

- 9 -



Case de lessivage. - Gouttières. - Vue générale (7 et 8)
Bidons de stockage (9).



Photographie n° 10

LE BASSIN VERSANT DE GREGOIRE (Guyane française)

(cliché I.G.N. à 1/50.000, n°407, série 01.50)

LISTE DES FIGURES

=====

1 - Carte de situation de la Guyane Française.....	11
2 - Guyane Française géologique.....	11
3 - Bassin versant expérimental de la crique Grégoire. Carte d'équipement.....	12
4 - Extension géographique des granites et migmatites caraïbes.....	14
5 - Isohyètes moyennes annuelles - Guyane Française (période 1956-1975)...	16
6 - Diagramme ombrothermique - Grégoire (1969-1974).....	17
7 - Pluviosité, température et évapotranspiration potentielle calculée (Grégoire, 1969-1974).....	21
8 - Crique Grégoire - Zone à Djougoung-Pété (sous bois partiellement enlevé).....	25
9 - Architecture de la forêt à Grégoire. Arbres du présent et du passé....	25
10 - Coupe topographique approximative montrant le modèle en collines convexes associées par groupes entre les bas fonds.....	28
10 a - Coupes topographiques (profils transversaux) du bassin versant de Grégoire.....	28
11 a - Topographie du bassin versant de Grégoire.....	29
11 b - Localisation des toposéquences I, II, III, et IV.....	29
12 - Mode de formation des Djougoung-Pété.....	34
13 - Carte pédologique du bassin versant expérimental de la crique Grégoire.....	37
14 - Modèle et localisation des profils et des échantillons de la toposéquence I - Grégoire.....	43
15 - Modèle et localisation des profils et des échantillons de la toposéquence II - Grégoire.....	43
16 - Modèle et localisation des profils et des échantillons des toposéquences III et IV - Grégoire.....	44
17 - Dispositif de recueil des eaux circulant obliquement suivant des discontinuités pédologiques.....	47
18 - Fosse à sédiments (vue de dessus) - B. V ₃ de Grégoire.....	49
19 - Organisation latérale des horizons pédologiques - Toposéquence I Grégoire.....	60
20 - Horizon humifère A ₁₂ - Profil BGF 5 - Micromorphologie.....	62
21 - Horizon A ₃ B - Profil BGF 5 - Micromorphologie.....	63
22 - Horizon B ₂ Oxique jaunâtre - Profil BGF 5 - Micromorphologie.....	63
23 - Horizon B ₃ Oxique rouge - Profil BGF 5 - Micromorphologie.....	64
24 - Horizon B ₃ C - Profil BGF 5.....	65
25 - Granulométrie - Profil BGF 5 - Micromorphologie.....	66
26 - Composition pondérale du sol total - Profil BGF 5.....	66
27 - Fer total et fer libre - Profil BGF 5.....	67
28 - Rapports Fer libre/Fer total ; Fer total/argile et Fer libre/argile Profil BGF 5.....	67
29 - Variation du carbone total avec la profondeur. Profil BGF 5.....	68
30 - Variation du résidu total à l'attaque triacide- Profil BGF 5.....	69
31 - Répartition de la silice, de l'alumine et du fer solubles au réactif triacide. Profil BGF 5.....	70
32 - Profil de porosité totale - BGF 5.....	70
33 - Profils hydriques saisonniers - Humidités pondérale et volumique. BGF 5.....	72
34 - Comparaison des humidités de rétention et des humidités volumiques aux extréma saisonniers - Profil BGF 5.....	73
35 - Horizon humifère A ₁₂ - Profil BGF 6. Micromorphologie.....	75

36 - Horizon A ₃ B - Profil BGF 6 - Micromorphologie.....	76
37 - Horizon B ₂ Oxique brun-jaunâtre - Profil BGF 6. Micromorphologie.....	76
38 - Cortification d'un nodule - Profil BGF 6 - Micromorphologie.....	78
39 - Horizon B ₃ Oxique rougeâtre. Profil BGF 6 - Micromorphologie.....	79
40 - Horizon B ₃ C d'altération - Profil BGF 6 - Micromorphologie.....	79
41 - Elément lithorelictuel (module) dans l'horizon B ₃ C - Profil BGF 6 - Micromorphologie.....	80
42 - Granulométrie - Profil BGF 6.....	81
43 - Composition pondérale du sol total - Profil BGF 6.....	82
44 - Teneurs en fer. Répartition verticale - comparaison avec l'argile - Profil BGF 6.....	83
45 - Rapports fer libre/Fer total ; Fer total/argile et Fer libre/argile en % - Profil BGF 6.....	83
46 - Porosité totale. Variation verticale - Profil BGF 6.....	84
47 - Profils hydriques saisonniers. Humidités pondérale et volumique. BGF 6.....	86
48 - Comparaison des humidités de rétention et des humidités volumiques aux extrema saisonniers. Profil BGF 6.....	86
49 - Horizons humifères A ₁₁ - A ₁₂ - Profil BGF 7 - Micromorphologie.....	88
50 - Horizon A ₃ B - Profil BGF 7 - Micromorphologie.....	89
51 - Horizon B ₂ Oxique jaunâtre - BGF 7 - Micromorphologie.....	90
52 - Horizon B ₂ t à fond matriciel rouge - BGF 7 - Micromorphologie.....	90
53 - Horizon B ₃ C - BGF 7 - Micromorphologie.....	91
54 - Granulométrie - Profil BGF 7.....	93
55 - Composition pondérale du sol total - Profil BGF 7.....	93
56 - Fer total et fer libre. Répartition verticale. Profil BGF 7.....	94
57 - Rapports Fer libre/Fer total ; Fer libre/argile et Fer total/argile en % ; Profil BGF 7.....	94
58 - Répartition du carbone total avec la profondeur. Profil BGF 7.....	95
59 - Variation verticale de la porosité totale. Profil BGF 7.....	95
60 - Profils hydriques saisonniers. Humidités pondérale et volumique. Profil BGF 7.....	97
61 - Comparaison des humidités de rétention et des humidités volumiques aux extrema saisonniers et à la porosité totale des mottes. BGF 7.....	97
62 - Horizon humifère A ₁₁ - Profil BGF 8'. Micromorphologie.....	99
63 - Horizon B ₂ Oxique jaunâtre. BGF 8' - Micromorphologie.....	100
64 - Horizon illuvial B ₂₁ t. BGF 8' . Micromorphologie.....	101
65 - Horizon illuvial B ₂₂ t. BGF 8' . Micromorphologie.....	101
66 - Horizon B ₃ C . BGF 8' . Micromorphologie.	102
67 - Granulométrie - Profil BGF 8'.....	104
68 - Composition pondérale du sol total. Profil BGF 8'.....	104
69 - Fer total et fer libre. Répartition verticale. Profil BGF 8'.....	105
70 - Rapports Fer libre/Fer total ; Fer total/argile et Fer libre/argile en % . Profil BGF 8'.....	105
71 - Variation du carbone total avec la profondeur. BGF 8'.....	106
72 - Variation du résidu total à l'attaque triacide. Profil BGF 8'.....	107
73 - Répartition de la silice, de l'alumine et du fer solubles au réactif triacide. Profil BGF 8'.....	107
74 - Variation verticale de la porosité totale des mottes. Profil BGF 8'....	108
75 - Profils hydriques saisonniers. Humidités pondérale et volumique. Profil BGF 8'.....	109
76 - Comparaison des humidités de rétention et des humidités volumiques aux extrema saisonniers. Profil BGF 8'.....	109
77 - Argile granulométrique - Variations verticales. Toposéquence I.....	115
78 - Courbes isovaleurs d'argile granulométrique. Toposéquence I.....	115
79 - Profils de porosité totale des mottes des sols BGF 5,6,7, et 8'.....	118

80 - Porosité totale en %. Variation latérale - Courbes isovaleurs. Toposéquence I - Grégoire.....	119
81 - Variation latérale du pH H ₂ O 1/2,5 - Courbes isovaleurs. Toposéquence I.....	120
82 - Répartition verticale du fer total - Toposéquence I - Grégoire.....	122
83 - Fer total en %. Distribution latérale - Courbes isovaleurs - Toposéquence I - Grégoire.....	122
84 - Répartition verticale de la silice, de l'alumine et du fer solubles au réactif triacide - Toposéquence I - Grégoire.....	124
85 - Variation de la nappe phréatique au cours des saisons. Toposéquence I Grégoire.	125
85-a - Comparaison des profils BGF 5 et 8' : pF 4,2 et humidités aux extrema saisonniers.....	126
85-b - Variation saisonnière du stock d'eau retenue et profondeur de l'influence saisonnière dans la toposéquence I de Grégoire.....	127
85-c - Schéma des flux gravitaires au cours des saisons dans la toposéquence I de Grégoire.....	128
86 - Parcelle ERLO - Vue en plan et coupe schématique.....	131
87 - Comparaison des pluviosités mensuelles à la station de Grégoire.....	133
88 - Recueils obliques - Parcelle ERLO - Grégoire.....	139
89 - Courbes comparatives des précipitations, du ruissellement et du recueil oblique. Grégoire - Moyennes 1974-1975.....	140
90 - Diagramme des Précipitations, Ruissellements et Recueils obliques. Parcelle ERLO - Grégoire - 1974.....	141
91 - Diagramme aux R.X des argiles recueillies dans les eaux de ruissellement - Grégoire. Fraction inférieure à 2 microns.....	161
92 - Horizon humifère A ₁ - Profil BGF 1 - Micromorphologie.....	170
93 - Horizon B ₂ gr. Profil BGF 1 - Micromorphologie.	171
94 - Granulométrie. Profil BGF 1.....	172
95 - Composition pondérale du sol total. Profil BGF 1.....	172
96 - Fer total et fer libre - Répartition verticale. Profil BGF 1.	174
97 - Toposéquence II - Organisation en horizons.....	177
98 - Toposéquences III et IV - Organisation en horizons.....	177
99 - Bassins versants de la crique Grégoire - Précipitation-Limite d'écoulement.....	203
100 - Bassins versants de la crique Grégoire. $H = f(H_1)$	205
101 - Bassins versants de la crique Grégoire. Crues des 29/2 et 1/3/1968.....	206
102 - Bassins versants de la crique Grégoire. Crues des 4,5 et 6/2/69.....	207
103 - Bassins versants de la crique Grégoire. Crues du 15/3/71. S ₃	208
104 - Bassins versants de la crique Grégoire. Crues des 14 et 15/3/71. S ₁	209
105 - Bassins versants de la crique Grégoire. Averses du 14/15-3-71.....	209
106 - Bassins versants de la crique Grégoire - S ₃ - Répartition mensuelle des transports solides en charriage des volumes écoulés et des pluies en 1972.	216
107 - Perméabilité comparée des profils du bassin versant de Grégoire Résultats du laboratoire.....	220
108 - Perméabilité au champ en surface - Débit infiltré en fonction du temps - Méthode MUNTZ modifié sans anneau de garde. Micro-bassin de la crique Grégoire.....	220
109 - Essai d'un modèle de drainage à deux flux.....	222
110 - Représentation schématique de l'organisation générale et des flux hydriques dans cinq catégories de toposéquences sur schistes.....	234
111 - Caractéristiques de deux sols à dynamique de l'eau superficielle.....	237
112 - Représentation schématique des distributions de quatre types de comportement hydriques sur deux couvertures pédologiques à Grégoire.....	239
113 - Bilan hydrologique comparé - B.V 1 et case ERLO de Grégoire.....	242
114 - Bilan hydrologique de bassins versants expérimentaux ECEREX.....	243

LISTE DES TABLEAUX
=====

1 :	Pluviométrie et évapotranspiration potentielle calculée de Grégoire.	17
2 :	Température de l'air. Moyennes mensuelles. Grégoire 1968-1974.	18
3 :	Température du sol à 10 cm de profondeur. Grégoire. Moyennes mensuelles 1968-1974.	19
4 :	Moyennes mensuelles de l'humidité de l'air - Grégoire 1968-1974.	19
5 :	Granite caraïbe. Résultats analytiques.	27
6 :	Caractéristiques topographiques des bassins versants de Grégoire.	30
7 :	Caractéristiques morphologiques des bassins versants de Grégoire.	31
8 à 22 :	Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence I.	279
23 à 29 :	Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence II.	287
30 à 34 :	Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence III.	290
35 à 37 :	Caractéristiques analytiques des sols de la toposéquence IV.	293
38 :	Analyses totales par attaque triacide avec analyse du résidu par $\text{FH}+\text{SO}_4\text{H}_2$. Profil BGF 5.	295
39 :	Analyses totales par attaque triacide avec analyse du résidu par $\text{FH}+\text{SO}_4\text{H}_2$. Profil BGF 8'.	295
40 :	Analyses totales par attaque par $\text{FH}+\text{ClO}_4\text{H}$ et fusion par CO_3Na_2 de la fraction supérieure à 2mm. Profils BGF5 et 8'.	296
41 :	Densité apparente et porosité. Toposéquence I de Grégoire.	296
42 :	Précipitations sur le site de Grégoire. période 1968-1975.	133
43 :	Répartition mensuelle des classes de hauteur de pluie en mm. Années 1974 et 1975. Grégoire.	134
44 :	Pluviosité journalière de Grégoire en mm. année 1974. Station météorologique.	135
45 :	Pluviosité journalière de Grégoire en mm. Année 1975. Station météorologique.	135
46 :	Résultats obtenus en case ERLO sous forêt et sous abattis à Grégoire. Lame d'eau ruisselée R et recueils obliques en mm et en % de l'apport pluvial. Année 1974.	136
47 :	Résultats obtenus en case ERLO sous forêt et sous abattis à Grégoire. Lame d'eau ruisselée R et recueils obliques en mm et en % de l'apport pluvial. Année 1975.	136
48 :	Précipitations, ruissellement, érosion et recueils obliques sous forêt dense à Grégoire. Résumé des campagnes 1974-1975. Comparaison avec les résultats de Divo (Cote d'Ivoire).	137
49 :	Répartition mensuelle et annuelle du recueil oblique cumulé de la parcelle ERLO et du ruissellement. Grégoire. Moyennes 1974-1975.	144
50 :	Essai de bilan hydrique. Grégoire. Campagnes 1974-1975.	147
51 :	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de ruissellement. Moyennes pondérées en mg/l et en Y/l. Campagne 1974.	150
52 :	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de ruissellement. Moyennes pondérées en mg/l et en Y/l. Campagne 1975.	150
53 :	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de ruissellement. Moyennes annuelles des campagnes 1974-1975 - Grégoire.	151
54 :	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de drainage oblique. Moyennes annuelles pondérées en mg/l et en Y/l - Grégoire - Campagnes 1974-1975.	151
55 :	Granulométrie des eaux de ruissellement et de drainage oblique de Grégoire. Comparaison de la granulométrie des terres érodées et de la terre en place (%). Moyennes pondérées 1974-1976.	159
56 :	Essai de bilan des pertes chimiques par ruissellement et drainage oblique (Kg/Ha/an) de la parcelle de mesure de l'érosion, du ruissellement et du drainage oblique de Grégoire. Campagnes 1974-1975.	162

57 :	Toposéquence IV. Horizon humifère : Données analytiques.....	186
58 :	Toposéquence IV. Horizon B ₂ Oxique jaune. Données analytiques.....	187
59 :	Toposéquence IV. Horizon B ₃ Oxique rouge. Données analytiques.....	188
60 :	Toposéquence IV. Horizon B ₃ C et C. Données analytiques.....	189
61 :	Caractéristiques analytiques du profil BGF 30.	199
62 :	Bassin Versant de la crique Grégoire - caractéristiques des crues.....	210
63 :	Perméabilité comparée à différentes profondeurs Bassin Versant de Grégoire.....	219
64 :		

TABLE DES MATIERES

=====

AVANT-PROPOS

PREMIERE PARTIE : LES CONDITIONS GENERALES DE L'ETUDE

CHAPITRE I.- LE CADRE REGIONAL

A - Localisation.....	13
B - Historique.....	13
C - Le cadre naturel.....	15
1 - Le climat actuel.....	15
1.1. Pluviosité.....	15
1.2. Température.....	18
1.3. Humidité relative de l'air.....	19
1.4. Evapotranspiration potentielle calculée.....	20
2 - La végétation.....	21
3 - Le substrat et les roches-mères.....	24
4 - Le modelé.....	27
4.1. Caractéristiques topographiques du bassin versant de Grégoire.....	30
4.2. Caractéristiques morphologiques du bassin versant de Grégoire.....	31
5 - Le micromodelé.....	32
5.1. Le micromodelé du sommet des versants.....	32
5.2. Le micromodelé des versants.....	35
6 - Les sols (aperçu général).....	36

CHAPITRE II.- CHOIX DES TOPOSEQUENCES

METHODE ET TECHNIQUES D'ETUDE

A - Délimitation et caractérisation macroscopique des horizons sur le terrain et des ensembles dans les toposéquences.....	41
B - Caractérisation microscopique d'échantillons non perturbés....	41
C - Les déterminations minéralogiques et géochimiques globales des sols.....	42
D - Les analyses physico-chimiques et les déterminations complémentaires hydriques des sols.....	42
E - Les dispositifs hydrologiques de mesures du ruissellement, de l'érosion et du drainage oblique (Case ERLO et Bassin versant).....	42
1 - Case Erlo.....	42
1.1 - Description du dispositif et des méthodes d'études utilisées.....	42
11.1. Sur le terrain.....	42
111.1. Ruissellement et érosion.....	45
111.2. Eaux de drainage oblique.....	45
11.2. Au laboratoire.....	46
112.1. Les caractéristiques physiques des eaux....	47
112.2. Les caractéristiques chimiques des eaux (ruissellement et drainage oblique).....	47

2 - Le bassin versant de Grégoire	48
<u>Dispositifs de mesure</u>	
2.1. Pluviométrie.....	49
2.2. Hydrométrie.....	50
2.3. Transports solides.....	51
23.1. Charriage.....	51
23.2. Sédiments en suspension.....	51
23.3. Granulométrie des sédiments.....	52
233.1. Sédiments charriés.....	52
233.2. Sédiments en suspension.....	52
2.4. La perméabilité des sols.....	52
24.1. Méthode MUNTZ.....	52
24.2. Méthode PORCHET.....	53
2.5. Les teneurs en eau du sol.....	53
CONCLUSION : Présentation de l'étude.....	54

DEUXIEME PARTIE : ANALYSE DES DEUX COUVERTURES PEDOLOGIQUES ETUDIEES ET DE LEUR COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE

CHAPITRE III.- LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE I A FORTE VARIATION LATERALE (TOPOSEQUENCE I)

1 - Le modelé.....	59
2 - Le profil sommital (BGF ₅).....	60
2.1. Description des horizons.....	60
2.2. Caractérisation des horizons en lames minces.....	62
2.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques.....	66
23.1. Granulométrie.....	66
23.2. Teneurs en fer.....	67
23.3. Matière organique.....	68
23.4. pH et cations.....	68
23.5. Capacité d'échange et nature des argiles présentes.....	69
23.6. Le phosphore.....	69
23.7. Analyse totale.....	69
237.1. Variation du résidu total à l'attaque triacide.....	69
237.2. La silice, l'alumine et le fer solubles.....	70
23.8. Densité apparente et porosité totale.....	70
2.4. Conclusion.....	71
2.5. Caractéristiques hydriques saisonnières.....	72
3 - La couverture des versants.....	74
3.1. Le sol du tiers supérieur de versant (BGF ₆).....	74
31.1. Description des horizons.....	74
31.2. Caractérisation des horizons en lames minces.....	75
31.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques.....	81
313.1. Granulométrie.....	81
313.2. Teneurs en fer.....	83

313.3. Matière organique.....	83
313.4. pH et cations.....	84
313.5. Nature minéralogique des argiles présentes.....	84
313.6. Densité apparente et porosité totale des mottes.....	84
31.4. Conclusion.....	84
31.5. Caractéristiques hydriques saisonnières....	85
3.2. Le sol du tiers inférieur de versant (Profil BGF ₇).....	87
32.1. Description des horizons.....	87
32.2. Caractérisation des horizons en lames minces.....	88
32.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques.....	92
323.1. Granulométrie.....	92
323.2. Teneurs en fer.....	94
323.3. Matière organique.....	95
323.4. pH et cations.....	95
323.5. Phosphore total.....	95
323.6. Densité apparente et porosité des mottes.....	95
32.4. Conclusion.....	96
32.5. Caractéristiques hydriques saisonnières....	96
3.3. Le sol du bas de versant (Profil BGF ₈) à horizons argileux médians.....	98
33.1. Description des horizons.....	98
33.2. Caractérisation des horizons en lames minces.....	99
33.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques.....	104
333.1. Granulométrie.....	104
333.2. Teneurs en fer.....	105
333.3. Matière organique.....	106
333.4. pH et cations.....	106
333.5. Phosphore total.....	106
333.6. Analyse totale.....	107
- Variation du résidu total à l'attaque triacide.....	107
- La silice, l'alumine et le fer solubles.	107
333.7. Densité apparente et porosité totale des mottes.....	108
33.4. Conclusion.....	108
33.5. Caractéristiques hydriques saisonnières....	109
3.4. Les variations latérales à l'aval des horizons argileux médians.....	110
34.1. Le profil BGF ₀	110
34.2. La séquence de différenciation de BGF ₈ à BGF ₈₆	111
4 - Présentation toposéquentielle des données morphologiques et physico-chimiques.....	112
4.1. Différenciation macro et micro-morphologiques....	112
4.2. Variation latérale de l'argile granulométrique...	114
4.3. Variation latérale de la porosité totale des mottes.....	117
4.4. Variation latérale du pH.....	120

4.5.	Variation latérale de la capacité d'échange et de la saturation en bases du complexe absorbant.....	121
4.6.	Les distributions géochimiques latérales.....	121
46.1.	Répartition du fer total.....	121
46.2.	Variation du résidu total à l'attaque triacide.	123
46.3.	La silice et l'alumine.....	123
5 -	Données de fonctionnement hydrodynamique.....	125
5.1.	Le niveau des nappes.....	125
5.2.	Conclusion sur la dynamique de l'eau à l'échelle du versant de la toposéquence I.....	126
5.3.	Le bilan de la case ERLO.....	128
53.1.	Rappel sur les écoulements gravitaires d'eau dans le sol.....	128
531.1.	Ruissellement.....	129
531.2.	Nappe phréatique.....	129
531.3.	Ecoulements intermédiaires.....	129
-	Ruissellement hypodermique.....	129
-	Drainage oblique.....	130
-	Nappes perchées.....	130
53.2.	Rappel sur les conditions d'obtention et la signification des résultats.....	130
53.3.	Les résultats des campagnes 1974-1975.....	132
533.1.	Données pluviométriques.....	132
5331.1.	Totaux annuels et mensuels.....	132
5331.2.	Les pluies et les jours de pluie.....	138
533.2.	Les flux de ruissellement et de recueil oblique.....	138
5332.1.	Le ruissellement.....	138
5332.2.	Le recueil oblique.....	143
533.3.	Essai de bilan hydrique. Estimation des flux verticaux.....	145
533.4.	L'érosion.....	147
533.5.	Les résultats analytiques des campagnes 1974-1975.....	148
5335.1.	Température, pH et conductivité.....	149
5335.2.	Les bases : calcium, magnésium, potassium et sodium.....	152
5335.3.	Matières organiques et azote.....	153
5335.4.	Silice, fer et alumine.....	154
5335.5.	Conclusion sur la dynamique de la matière organique du fer, de la silice et de l'aluminium.....	156
533.6.	Essai de bilan des pertes physiques et chimiques.....	157
5336.1.	Lessivage oblique et érosion en nappe.	157
5336.2.	Les pertes en terre. Appauvrissement et sélectivité de l'érosion.....	158
5336.3.	Essai de bilan des pertes chimiques par ruissellement et drainage oblique.	162

CHAPITRE IV.- LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE II A CUVETTES SUR REPLAT SOMMITAL.
TOPOSEQUENCES II, III et IV

1 - Le modelé.....	167
2 - Le profil sommital (BGF ₁).....	168
2.1. Description des horizons.....	168
2.2. Caractérisation des horizons en lames minces.....	170
2.3. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques..	172
23.1. Granulométrie.....	172
23.2. Teneurs en fer.....	173
23.3. Matière organique.....	174
23.4. pH et cations.....	174
2.4. Comparaison avec BGF ₅	175
3 - La couverture des versants.....	175
3.1. Variations latérales observées sur les toposéquences II (versant E) et III (versant NNE).....	176
31.1. Horizon humifère de surface.....	176
31.2. L'horizon gravillonnaire.....	176
31.3. Les horizons B oxiques.....	178
313.1. L'horizon B oxique jaune vif à taches rougeâtres.....	178
313.2. L'horizon B oxique rougeâtre à rouge.....	180
31.4. Les horizons d'altération.....	180
314.1. L'horizon B ₃ C.....	180
314.2. L'horizon C.....	181
3.2. Variation latérale observée sur la toposéquence IV.....	182
32.1. Les sols du tiers supérieur de versant.....	182
321.1. Description des horizons.....	182
32.2. Le sol de mi-pente.....	183
32.3. Le sol du bas de pente.....	184
32.4. Conclusion.....	185
32.5. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques.....	186
325.1. L'horizon humifère de surface.....	186
325.2. L'horizon gravillonnaire.....	186
325.3. L'horizon B oxique jaune.....	187
325.4. L'horizon B oxique rouge.....	188
325.5. Les horizons d'altération.....	188
32.6. Conclusion sur l'organisation latérale des horizons pédologiques et des relations entre les sols de la toposéquence IV.....	189
- Mise en valeur des traits révélateurs du fonction- nement hydrodynamique.....	189
4 - Le sol du bas-fond (BGF ₁₉).....	190
4.1. Description des horizons.....	190
4.2. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques..	191

CHAPITRE V.- LE BASSIN VERSANT DE GREGOIRE (sols et bilan hydrologique)

1 - Les types de profils (sommitaux et bas de versants).....	195
1.1. Les sols sommitaux et de hauts de versants.....	196
11.1. Les sols ferrallitiques typiques jaunes.....	196
11.2. Les sols ferrallitiques lessivés.....	196
11.3. Les sols ferrallitiques remaniés modaux et pénévolués.....	197

1.2. Les sols de bas de versants et de bas-fonds	198
12.1. Description des horizons.....	198
12.2. Caractérisation par des mesures physiques et chimiques.....	198
1.3. Conclusion.....	199
2 - Le bilan hydrologique (d'après résultats de la section hydrolo- gique de l'ORSTOM).....	199
2.1. Les observations pluviométriques sur les bassins de la crique Grégoire.....	200
21.1. Pluviométrie annuelle.....	200
21.2. Pluviométrie mensuelle.....	200
21.3. Pluviométrie journalière.....	201
21.4. Intensité des précipitations.....	201
2.2. Les observations hydrométriques.....	202
22.1. Conditions limites d'écoulement.....	202
22.2. Observations de quelques événements averse-crue....	203
22.3. Interprétation des observations et des données.....	210
223.1. Caractéristiques des crues.....	210
223.2. Bilan hydrologique.....	211
2.3. Les transports solides.....	214
23.1. Mode opératoire.....	214
23.2. Résultats.....	214
232.1. Les crues étudiées.....	214
232.2. Interprétation.....	214
2322.1. Suspension et charriage.....	215
2322.2. Relations entre transports solides et ruissellement.....	215
23.3. Bilan de l'érosion.....	215
23.4. Granulométrie des sédiments.....	217
234.1. Sédiments charriés.....	217
234.2. Sédiments en suspension.....	218
2.4. La perméabilité des sols.....	218
3 - Les relations sols - comportement hydrologique. Essai d'un modèle de drainage à deux flux.....	220
3.1. Le comportement hydro-dynamique des sols du bassin versant de Grégoire.....	220
3.2. Essai de bilan des flux verticaux (drainage jusqu'à la nappe) et des flux latéraux (ruissellement superficiel et hypodermique).....	221

TROISIEME PARTIE : SYNTHESE ET INTERPRETATION GENERALE

CHAPITRE VI.- EVOLUTION DES SOLS EN RELATION AVEC LES CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

1 - Les sols de la région de Grégoire : mise en évidence de deux types de couvertures pédologiques.....	229
1.1. Caractéristiques générales du modelé et des sols.....	229
11.1. Modelé.....	229
11.2. Sols.....	229
1.2. La couverture I à forte variation latérale (colline I)...	230
1.3. La couverture II à cuvettes en surface du replat sommatal (colline II).....	230

1.4. Relations entre les deux types de couvertures pédologiques.....	231
14.1. Relations spatiales.....	231
14.2. Relations temporelles.....	232
1.5. Comparaison avec d'autres régions.....	233
2 - La dynamique actuelle de l'eau dans les sols de Grégoire : mise en évidence de quatre types de comportement ponctuels.	235
2.1. Caractéristiques générales des écoulements sous forte pluviométrie à Grégoire.....	235
2.2. Sols à dynamique verticale profonde.....	236
2.3. Sols à dynamique verticale "bloquée".....	236
2.4. Sols à ruissellement et à écoulement latéral subsuper- ficiel et interne (versant).....	237
2.5. Sols perméables mais à nappe peu profonde et oscillante (bas-fond).....	238
2.6. Relations entre les quatre types de comportement hydrique.....	238
2.7. Comparaison avec d'autres régions.....	239
3 - Circulations superficielles et entraînement de matières.....	240
3.1. Données hydrométriques globales du bassin versant.....	240
3.2. Données obtenues en case ERLO (bas de versant de la couverture I).....	241
3.3. Confrontation entre les données globales et ponctuelles. Intérêt et limites des dispositifs de mesures étudiés..	241
3.4. Comparaison avec les résultats obtenus dans d'autres régions.....	243
4 - Relations générales entre l'organisation des couvertures pédologiques et le comportement hydrologique à différentes échelles de mesure.....	244
5 - Relations entre les systèmes pédologiques et la couverture forestière. Problèmes de mise en valeur.....	246

CONCLUSIONS GENERALES

Retour sur les objectifs et les conditions de l'étude.....	253
Apport à la connaissance des systèmes pédologiques.....	253
Au plan des organisations à différents niveaux.....	253
Au plan de la dynamique actuelle de l'eau.....	254
Au plan des transports de matières	256
Au plan des bilans géochimiques.....	256
Spécificités de la région étudiée.....	257
Difficultés méthodologiques et incidences sur les résultats obtenus.....	257
Critères de cartographie pédologique en relation non directe avec les flux hydriques.....	257
Sols hétérogènes et mesures destructives.....	258
Approche des circulations latérales en case ERLO.....	258
Passage d'une échelle de mesure à l'autre.....	258
Comment pallier ces difficultés ?.....	258

BIBLIOGRAPHIE.....	261
ANNEXES.....	277
LISTE DES FIGURES.....	307
LISTE DES TABLEAUX.....	311